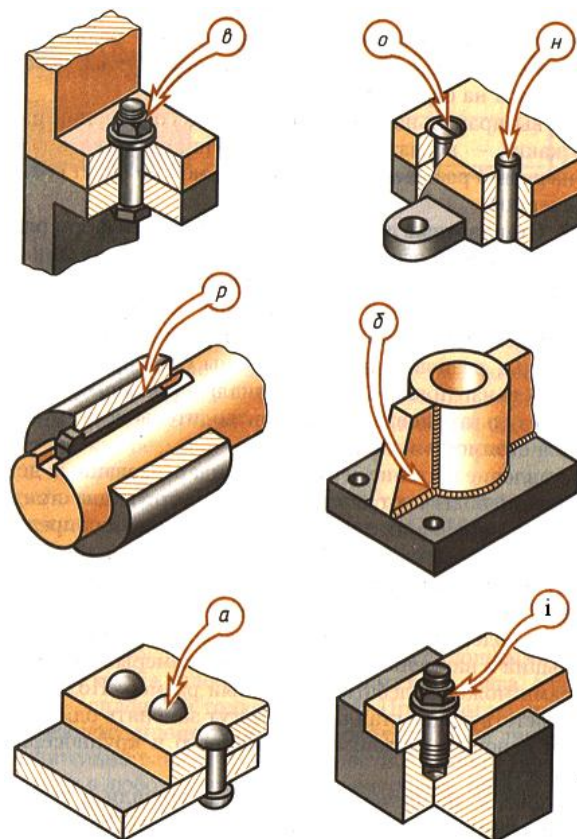


В. І. ЛУСЬ

# ВИДИ З'ЄДНАНЬ (роз'ємні і нероз'ємні з'єднання деталей)

Навчальний посібник



*Автор*

**Лусь Володимир Іванович**, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри основ архітектурного проектування Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рецензенти:*

**Ю. М. Тормосов**, професор, доктор технічних наук, професор кафедри холодительної та торгівельної техніки і прикладної механіки Харківського державного університету харчування та торгівлі;

**В. В. Герасименко**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інженерної графіки Харківського національного університету будівництва і архітектури

*Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,  
протокол № 9 від 27.04.2018 р.*

**Лусь В. І.**

Л86 Види з'єднань (роз'ємні і нероз'ємні з'єднання деталей) : навч. посібник / В. І. Лусь ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 97 с.

У навчальному посібнику розглянуті способи утворення, зображення і позначення різних типів різьб, різьбових кріпильних виробів, правила викреслювання роз'ємних і нероз'ємних з'єднань деталей. Він містить необхідний довідковий матеріал щодо запропонованих питань. У виданні враховані зміни стандартів на 1 січня 2018 року. Призначений для студентів технічних спеціальностей: 192 – Будівництво та цивільна інженерія, 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології, 183 – Технології захисту навколишнього середовища, 185 – Нафтогазова інженерія та технології, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 263 – Цивільна безпека та інших, які вивчають курс «Інженерна графіка».

УДК 514.18:744.4(075.8)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1 РІЗЬБА .....	7
1.1 Формування різьбової поверхні .....	7
1.2 Класифікація різьб .....	7
1.3 Профіль і параметри різьби .....	8
1.4 Елементи різьби .....	9
1.5 Різьба метрична циліндрична .....	10
1.6 Інші кріпильні різьби .....	15
1.6.1 Різьба метрична конічна .....	15
1.6.2 Різьба трубна циліндрична .....	15
1.6.3 Різьба трубна конічна .....	15
1.6.4 Різьба конічна дюймова .....	16
1.6.5 Різьба кругла .....	16
1.7 Ходові різьби .....	16
1.7.1 Різьба трапецоїдна .....	16
1.7.2 Різьба упорна .....	17
1.7.3 Різьба прямокутна .....	17
1.8 Зображення і позначення різьби на кресленнях .....	18
2 КРІПІЛЬНІ РІЗЬБОВІ ВИРОБИ .....	23
2.1 Болти з шестигранною головкою .....	23
2.2 Шпильки загального використання .....	27
2.3 Гайки шестигранні .....	29
2.4 Кріпильні гвинти .....	29
2.5 Шайби .....	36
2.6 Фітинги .....	37
2.7 Технічні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок і гайок .....	39
2.8 Умовні позначення болтів, гвинтів, шпильок і гайок .....	43
2.9 Умовне позначення шайб (згідно з ГОСТ 18123-82) .....	44
3 З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	45
3.1 Роз'ємні з'єднання деталей машин .....	46
3.1.1 З'єднання різьбовими кріпильними деталями .....	46
3.1.1.1 З'єднання болтом .....	46
3.1.1.2 З'єднання шпилькою .....	47

3.1.1.3 З'єднання за допомогою кріпильних гвинтів .....	49
3.1.1.4 З'єднання труб .....	50
3.1.2 З'єднання шпонками .....	51
3.1.3 Зубчасті (шліцьові) з'єднання.....	57
3.2 Нероз'ємні з'єднання.....	60
3.2.1 З'єднання зварюванням.....	60
3.2.2 Види конструктивних з'єднань деталей зварюванням .....	61
3.2.3 З'єднання клепоку .....	64
3.2.3.1 Рекомендації щодо конструювання заклепувальних з'єднань.....	69
3.2.3.2 Сфера застосування клепаних (заклепувальних) з'єднань.....	69
3.2.4 З'єднання пайкою.....	70
3.2.5 З'єднання склеюванням .....	73
3.2.6 Інші види з'єднань (заформовка, запресовка).....	74
4 ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ (КОРОТКІ ВІДОМОСТІ) .....	76
4.1 Правила позначення шорсткості поверхонь на кресленнях (ГОСТ 2.309-73) .....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80
ДОДАТОК А .....	81
ДОДАТОК Б.....	93
ДОДАТОК В .....	94
ДОДАТОК Г.....	95

## ВСТУП

У машинобудуванні і приладобудуванні дуже важливу роль відіграють не тільки деталі, які використовуються під час виробництва, а і їхнього з'єднання. Здавалося б, усе має бути гранично просто, але насправді, якщо заглиблюватися в цю тему, то можна виявити, що існує величезна кількість різноманітних з'єднань, кожне з яких має свої переваги і недоліки.

Сьогодні ви навряд чи собі уявляєте, що взагалі все це значить, тому не варто відразу занурюватися в не найпростіші нюанси. Перш ніж докладно розглядати види з'єднань, вам варто зрозуміти, якими взагалі вони бувають, тобто розібратися з їхньою базовою класифікацією на виробництві.

Метою цього навчального посібника є допомога у вивченні роз'ємних і нероз'ємних з'єднань деталей машин і набуття практичних навичок викреслювання цих з'єднань відповідно до стандартів ЄСКД.

У навчанні фахівців широкого профілю передбачається поглиблення теоретичної бази, оволодіння фундаментальними основами інженерної діяльності, істотне поліпшення практичної підготовки.

У результаті виконання графічних робіт студенти повинні:

1) **знати**: умовні зображення стандартних і нестандартних різьб (ГОСТ 2.311-68); умовні позначення основних різьб; правила виконання різьбових з'єднань (ГОСТ 2.311-68); правила спрощеного і умовного зображення кріпильних різьбових з'єднань і виробів на складальних кресленнях (ГОСТ 2.315-68); умовні позначення кріпильних різьб і кріпильні різьбові з'єднання; з'єднання деталей зварюванням (ГОСТ 2.312-72), з'єднання заклепками (ГОСТ 2.313-82), з'єднання пайкою (ГОСТ 2.313-82 та ГОСТ 19249-73), з'єднання склеюванням (ГОСТ 2.313-82) та інші види з'єднань.

2) **уміти**: зображувати різьби і різьбові з'єднання; записувати умовні позначення різьб і кріпильних різьбових виробів; викреслювати болтове, шпилькою і гвинтове з'єднання по відносних розмірах; виконувати умовні зображення цих з'єднань; викреслювати креслення окремих вузлів і трубопроводів; користуватися стандартами на різьбові, кріпильні вироби і з'єднувальні частини трубопроводів; стандарти на інші види з'єднань.

3) **мати уявлення**: про призначення різних типів різьб; про способи нарізки різьби; способи зварювання, склеювання, пайки і склеювання деталей, про складальне креслення, креслення загального вигляду і специфікації.

Деталі та вузли машин і механізмів можуть бути сполучені між собою різними способами. Усі з'єднання підрозділяються на **роз'ємні** і **нероз'ємні**.

До групи роз'ємних належать такі з'єднання, які можна неодноразово розбирати і знову збирати без руйнування або ушкодження сполучних елементів. Це з'єднання за допомогою кріпильних різьбових виробів (болтів, гвинтів, гайок, шпильок).

До групи **роз'ємних** з'єднань належать також зубчасті, шліцьові, клинові, штифтові і з'єднання шпонкою. Найбільше в машинобудуванні поширені різьбові з'єднання. Різьбові з'єднання можуть здійснюватися безпосереднім згвинченням деталей, які сполучаються та мають різьбу, без застосування яких-небудь додаткових сполучних деталей.

Різьбові з'єднання – це з'єднання деталей за допомогою різьби, що забезпечує їхню відносну нерухомість або задане переміщення однієї деталі відносно іншої. Вони забезпечують надійність з'єднання, зручність його складання і розбирання, відносну простоту виготовлення різьбових поверхонь. Основним елементом усіх різьбових з'єднань є різьба.

До **нероз'ємних** з'єднань належать такі, у яких розбирання (демонтаж) неможливий без руйнування сполучних елементів. Це з'єднання зварюванням, заклепками, клеєні та інші з'єднання.

Предметом вивчення є креслення деталей, вузлів обмежених різними поверхнями і об'єднаних у складні технічні системи.

Креслення нероз'ємних з'єднань, отримані за допомогою цих операцій, слід відносити до креслень складальних одиниць. Через це, вони повинні оформлятися за типом «складальне креслення» і несуть у собі усю інформацію про вид технологічного процесу і позначення шва.

За потреби на кресленнях вказують технічні умови, з інформацією про матеріал, з якого виготовлений виріб, клеї, припою, електрода або виду з'єднання. Креслення нероз'ємного з'єднання повинне супроводжуватися специфікацією виконаної або на одному аркуші з кресленням або на окремому форматі.

Ось і всі основні види виробничих з'єднань – як роз'ємних, так і нероз'ємних. Звісно, їх є набагато більше, особливо якщо говорити про застарілі види, які зараз практично не використовуються. Існують також і ті кріплення, що не дуже поширені, використовуються в конкретній галузі і не є особливо популярними, щоб їх згадувати окремо.

Але можна сміливо сказати, що навіть цієї кількості з'єднань достатньо, щоб на виробництві мати можливість вибрати саме ті, які б найбільше відповідали розв'язанню тієї чи іншої задачі, а також давали максимальну міцність та ідеальне виконання всіх вимог.

# 1 РІЗЬБА

## 1.1 Формування різьбової поверхні

В основі утворення різьбової поверхні лежить принцип отримання гвинтової лінії. Вид гвинтової лінії залежить від форми поверхні обертання, на якій вона нанесена (циліндрична або конічна).

Якщо на поверхні циліндра або конуса прорізати канавку по гвинтовій лінії, то різальна кромка різця утворює гвинтову поверхню, вид якої залежить від форми різальної кромки – трикутна, трапецієдна, квадратна (рис. 1.1).

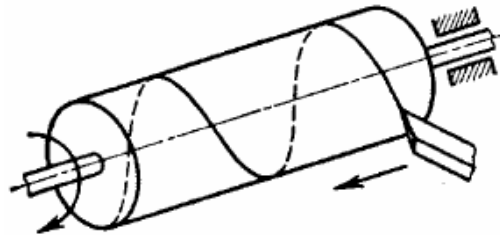


Рисунок 1.1 – Утворення різьби

**Різьба** – поверхня, утворена при гвинтовому русі деякої плоскої фігури по циліндричній або конічній поверхні так, що площина фігури завжди проходить через вісь поверхні обертання.

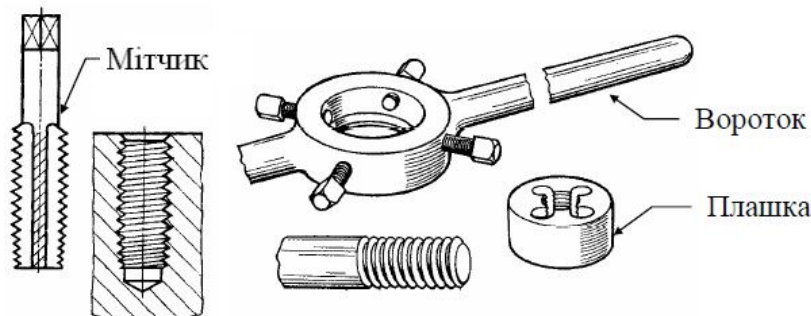


Рисунок 1.2 – Різьбонарізний інструмент

Практично при нарізуванні різьби різальний інструмент (різець, фреза, гребінка, мітчик та ін.) вибирає на циліндрі або конусі обертання гвинтову канавку, профіль якої ідентичний профілю гвинтового виступу, що утворюється при цьому (рис. 1.2) [1].

## 1.2 Класифікація різьб

Різьбу можна класифікувати за декількома ознаками. Залежно від форми поверхні, на якій нарізано різьбу: циліндрична (рис. 1.3, а) і конічна (рис. 1.3, б). Залежно від розташування різьби на поверхні стрижня або отвору: зовнішня (рис. 1.3, а, б) і внутрішня (рис. 1.3, в).

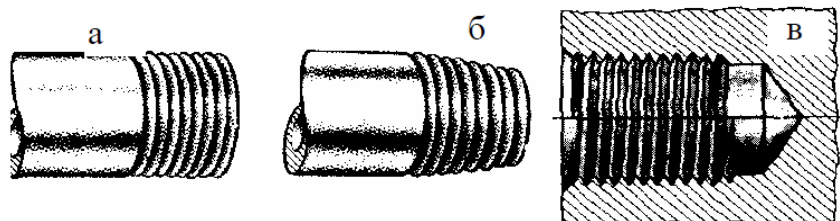


Рисунок 1.3 – Види різьб

Залежно від форми профілю: трикутна (рис. 1.4, а), трапецієдна (рис. 1.4, б), прямокутна (рис. 1.4, в), кругла (рис. 1.4, г), спеціальна.

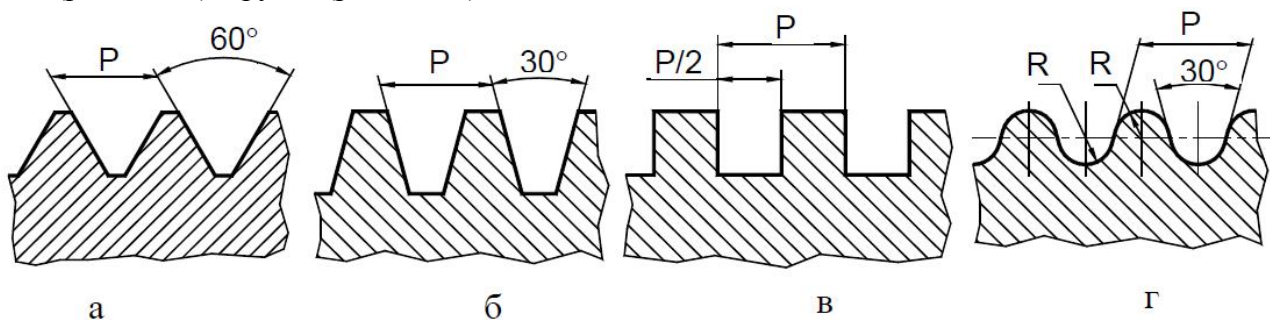


Рисунок 1.4 – Профілі різьби

За кількістю заходів: однозахідна (рис. 1.5, а) і багатозахідна (рис. 1.5, б). Число заходів можна полічити на торці стрижня або отвору. За напрямом гвинтової лінії: права (рис. 1.5, а) і ліва (рис. 1.5, б).

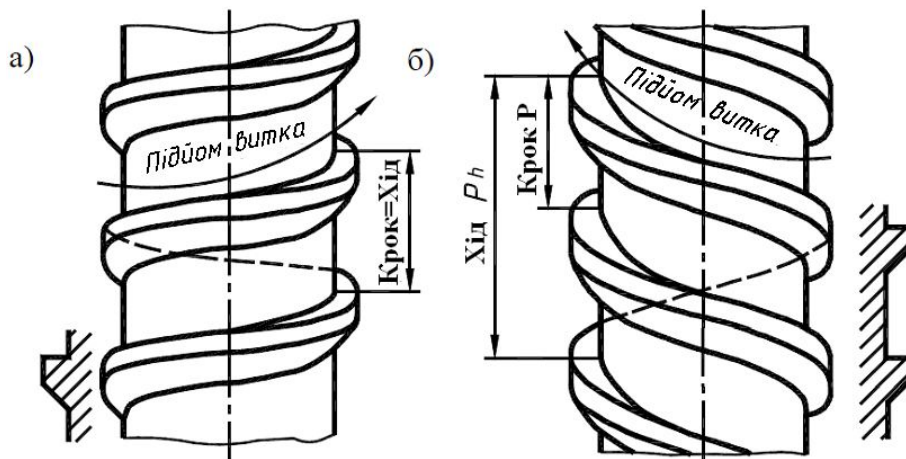


Рисунок 1.5 – Параметри різьби

**За величиною кроку:** розрізняють різьбу з крупним кроком, з дрібним кроком і спеціальну.

**За експлуатаційним призначенням:** кріпильна, кріпильно-ущільнювальна, ходова, спеціальна.

Усі різьби, що використовуються в практиці, підрозділяються на три групи [2]: а) різьби стандартизовані – різьби зі встановленими стандартом параметрами: профілем, кроком, діаметром; б) різьби не стандартизовані (параметри не відповідні стандартним); в) спеціальні різьби мають стандартний профіль, а розміри діаметра або кроку відмінні від стандартних [2].

### 1.3 Профіль і параметри різьби

Фігура перетину гвинтового виступу площиною, що проходить через вісь різьби, називається **профілем різьби**. Кут між бічними сторонами профілю називається **кутом профілю** (кути  $60^\circ$  і  $30^\circ$  на рис. 1.4, кут  $60^\circ$  на рис. 1.6). Частина гвинтового виступу, яка утворюється утворювальним контуром за один оберт, називається **ВИТКОМ**.



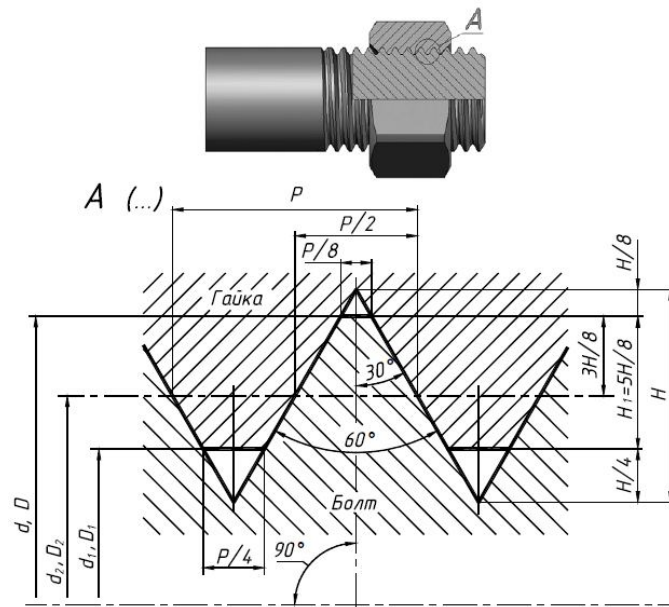


Рисунок 1.6 – Профіль метричної циліндричної різьби

До параметрів різьби належать її **крок** і **хід**. **Крок різьби  $P$**  – відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю, виміряними уздовж осі різьби (рис. 1.5, а). **Хід різьби  $P_h$**  – відносне осьове переміщення гвинта (гайки) за один оберт, що дорівнює добутку  $nP$ , де  $n$  – кількість заходів різьби (рис. 1.5, б).

Різьба має три діаметри (рис. 1.6):

**$d$**  – зовнішній діаметр зовнішньої різьби (болта);

**$D$**  – зовнішній діаметр внутрішньої різьби (гайки);

**$d_2$**  – середній діаметр різьби болта;

**$D_2$**  – середній діаметр різьби гайки;

**$d_1$**  – внутрішній діаметр різьби болта;

**$D_1$**  – внутрішній діаметр різьблення гайки.

#### 1.4 Елементи різьби

Ділянка кінцевих витків різьби, що мають неповний профіль, називається **збігом** різьби (рис. 1.7). Збіг різьби утворюється під час відведення різального інструмента або від його забірної частини [3].

Збіг різьби на кресленнях зазвичай не зображується і за довжину різьби береться довжина різьби повного профілю, в яке включається фаска, виконана на кінці стрижня або на початку отвору (рис. 1.7, а, б). Конічна фаска оберігає крайні витки від пошкодження і використовується для того, щоб направляти деталь при з'єднанні деталей з різьбами. Фаску виконують до нарізування різьби.

У разі необхідності збіг різьби зображується суцільною тонкою прямою лінією, яка проводиться приблизно під кутом  $30^\circ$  до осі різьби, (рис. 1.7 а, б).

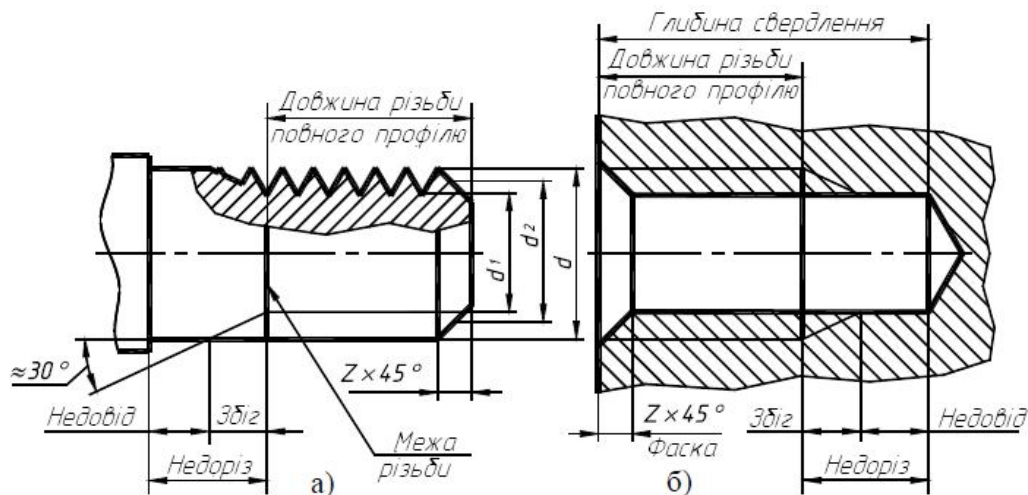


Рисунок 1.7 – Елементи різьби

Якщо різьбу виконують до деякої поверхні, що не дозволяє доводити різьбонарізний інструмент до упору до неї, то утворюється **недовід** різьби. Збіг плюс недовід утворюють **недоріз** різьби.

Для того, щоб уникнути утворення збігу, на деталі виконується спеціальна проточка, яка використовується для виходу різьбонарізного інструмента. Ширина проточки ( $s_1$ , на рис. 1.8 а, б) включається в довжину  $L$  різьби. Розміри проточок залежать від типу і кроку різьби [5]. Для трубної циліндричної, трубної конічної, конічної дюймової з кутом профілю  $60^\circ$  і трапецієдної різьби форму і розміри проточок встановлює ГОСТ 10549-80. Розміри проточок для виходу інструмента під час нарізування метричної різьби встановлює ГОСТ 27148-86 (табл. 1.1). Розміри фасок, збігів і недорізів (табл. 1.24) стандартизовані (ГОСТ 10549-80). Усі останні визначення, що належать до різьб, викладені в ГОСТ 11708-2002. Усі різьби, за винятком прямокутної, стандартизовані (табл. 1.4).

### 1.5 Різьба метрична циліндрична

Метрична різьба є основним типом кріпильної різьби. Профіль різьби встановлений **ГОСТ 9150-2002** і є рівностороннім трикутником з кутом профілю  $\alpha = 60^\circ$  (рис. 1.6). Профіль різьби на стрижні відрізняється від профілю різьби в отворі величиною притуплювання його вершин і впадин.

Основними параметрами метричної різьби є: номінальний діаметр –  $d$  (**D**) і крок різьби –  $P$ , що встановлюються **ГОСТ 8724-2002** (табл. 1.2).

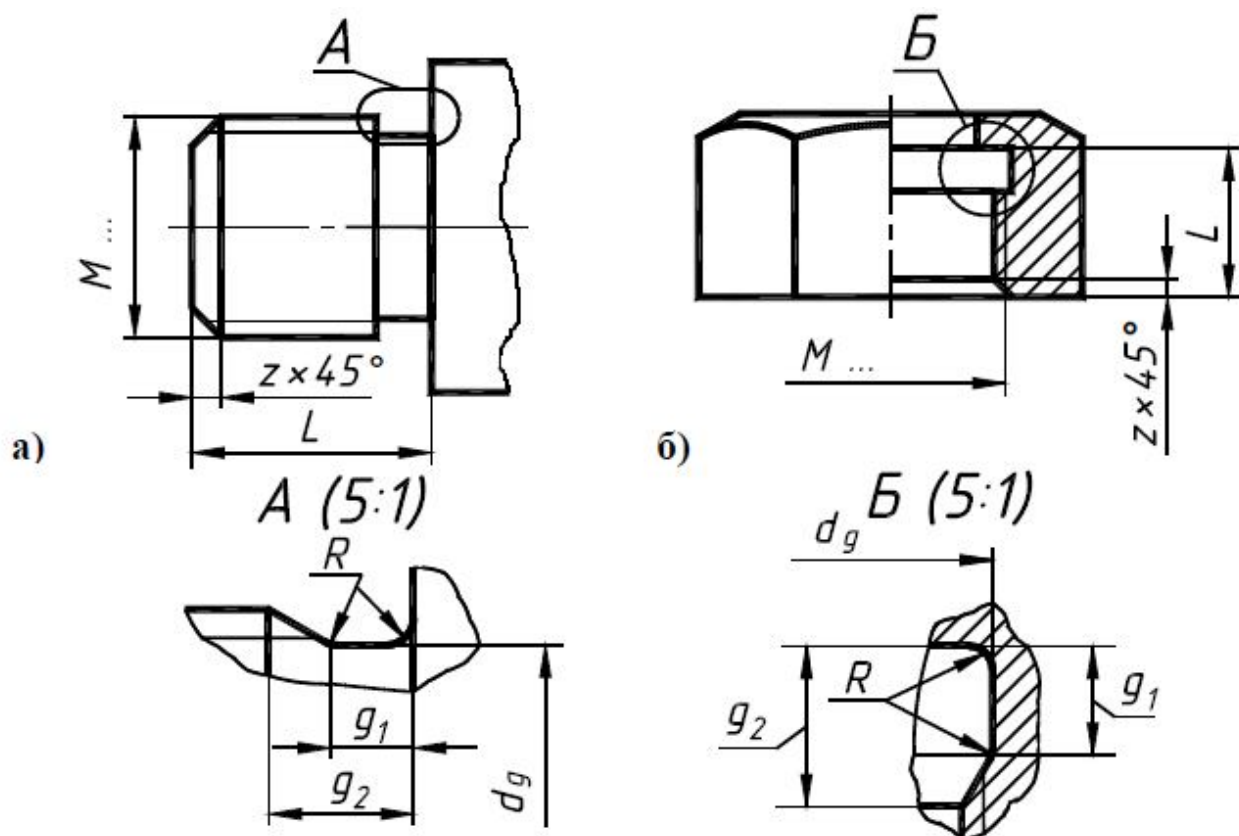


Рисунок 1.8 – Проточки для метричної різьби: а – зовнішні; б – внутрішні

Таблиця 1.1 – Розміри проточок для метричної різьби (ГОСТ 27148-86) [3], мм

Крок різьби Р	Радіус R	Зовнішні, (рис. 1.8 а)			Внутрішні, (рис. 1.8 б)				
		g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	d <sub>g</sub>	Норм.	Вузька	Норм.	Вузька	d <sub>g</sub>
		не менше	не більше		g <sub>1</sub> не менше		g <sub>2</sub> не більше		
0,45	0,2	0,7	1,35	d-0,7	1,8	1,1	2,4	1,7	d+0,2
0,5	0,2	0,8	1,50	d-0,8	2,0	1,25	2,7	2,0	d+0,3
0,7	0,4	1,1	2,10	d-1,1	2,8	1,75	3,8	2,75	d+0,3
0,8	0,4	1,3	2,40	d-1,3	3,2	2,0	4,2	3,0	d+0,3
1,0	0,5	1,6	3,00	d-1,6	4,0	2,5	5,2	3,7	d+0,5
1,25	0,6	2,0	3,75	d-2,0	5,0	3,2	6,7	4,9	d+0,5
1,5	0,8	2,5	4,50	d-2,3	6,0	3,8	7,8	5,6	d+0,5
1,75	1,0	3,0	5,25	d-2,6	7,0	4,3	9,1	6,4	d+0,5
2,0	1,0	3,4	6,00	d-3,0	8,0	5,0	10,3	7,3	d+0,5
2,5	1,2	4,4	7,50	d-3,6	10,0	6,3	13,0	9,3	d+0,5
3,0	1,6	5,2	9,00	d-4,4	12,0	7,5	15,2	10,7	d+0,5
3,5	1,6	6,2	10,5	d-5,0	14,0	9,0	17,7	12,7	d+0,5
4,0	2,0	7,0	12,0	d-5,7	16,0	10,0	20,0	14,0	d+0,5
4,5	2,0	8,0	13,5	d-6,4	18,0	11,0	23,0	16,0	d+0,5
5,0	2,5	9,0	15,0	d-7,0	20,0	12,5	26,0	18,5	d+0,5

Таблиця 1.2 – Різьба метрична циліндрична (ГОСТ 24705-2002, ГОСТ 8724-2002)

Номінальний діаметр різьби	Крок різьби		Внутрішній діаметр різьби	Номінальний діаметр різьби	Крок різьби		Внутрішній діаметр різьби
d	Крупний	Дрібний	d1 = D1	d	Крупний	Дрібний	d1 = D1
1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	0,45		2,013	18	2,5		15,294
		0,35	2,121			2,0	15,835
3	0,50		2,459			1,5	16,376
		0,35	2,621			1,0	16,917
4	0,70		3,242			0,75	17,188
		0,5	3,459			0,5	17,495
5	0,8		4,131	20	2,5		17,294
		0,5	4,459			2,0	17,835
6	1,0		4,918			1,5	18,376
		0,75	5,188			1,0	18,917
		0,5	5,459			0,75	19,188
8	1,25		6,647			0,5	19,459
		1,0	6,917	22	2,5		19,294
		0,75	7,188			2,0	19,835
		0,5	7,459			1,5	20,376
10	1,5	1,25	8,647			1,0	20,917
		1,0	8,917			0,75	21,188
		0,75	9,188			0,5	21,459
		0,5	9,459	24	3,0		20,752
12	1,75		10,106			2,0	21,835
		1,5	10,376			1,5	22,376
		1,25	10,647			1,0	22,917
		1,0	10,917			0,75	23,188
		0,75	11,188	27	3,0		23,752
		0,5	11,459			2,0	24,835
14	2,0		11,835			1,5	25,376
		1,5	7,376			1,0	25,917
		1,25	7,648			0,75	26,188
		1,0	7,917	30	3,5		28,211
		0,75	13,188			3,0	26,752
16	2,0		13,835			2,0	27,835
		1,5	14,376			1,5	28,376
		1,0	14,917			1,0	28,918
		0,75	15,188			0,75	29,188
		0,5	15,459				

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
33	3,5		29,211	48	5,0		42,587
		3,0	29,752			3,0	44,752
		2,0	30,835			2,0	45,835
		1,5	31,376			1,5	46,376
		1,0	31,918			1,0	46,918
		0,75	32,188	52	5,0		46,587
36	4,0		31,670			3,0	48,752
		3,0	32,752			2,0	49,835
		2,0	33,835			1,5	50,376
		1,5	34,376			1,0	50,918
		1,0	34,918	56	5,5		50,046
39	4,0		34,670			3,0	52,752
		3,0	35,752			2,0	53,835
		2,0	36,835			1,5	54,376
		1,5	37,376			1,0	54,918
		1,0	37,918	60	5,5		54,046
42	4,5		37,129			3,0	56,752
		3,0	38,752			2,0	57,835
		2,0	39,835			1,5	58,376
		1,5	40,376			1,0	58,918
45	4,5		40,129	64	6,0		57,505
		3,0	41,752			3,0	60,752
		2,0	42,835			2,0	61,835
		1,5	43,376			1,5	62,376
		1,0	43,918			1,0	62,918

**ГОСТ 8724-2002** для кожного діаметра метричної різьби передбачає один крупний крок і декілька дрібних. Різьби з дрібним кроком застосовуються в тонкостінних з'єднаннях для збільшення їхньої герметичності, для здійснення регулювання в приладах точної механіки і оптики, з метою збільшення опірності деталей до самовідгвинчування. Наприклад, для різьби **M16** крупний крок дорівнює **2 мм**, а дрібний крок може дорівнювати **1,5; 1,0; 0,75; 0,5 мм**, (табл. 1.3). Тому в позначенні метричної різьби крупний крок **не вказується**, а дрібний крок **вказується** обов'язково.

Класи точності і поля допусків метричної циліндричної різьби для з'єднань із зазором визначені стандартом (**ГОСТ 16093-2002**). Поле допуску різьби, що встановлює величину зазорів між зовнішньою різьбою і внутрішньою різьбою, утворюється поєднанням поля допуску середнього діаметра **Td<sub>2</sub>** з полем допуску діаметра виступів **Td** для болтів або **Td<sub>1</sub>** для гайок (рис. 1.9). Допуски діаметрів **d<sub>1</sub>** і **D** не встановлюються.

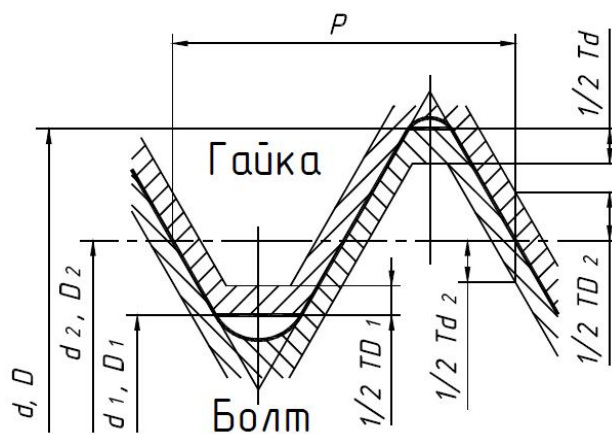


Рисунок 1.9 – Поля допусків різьби

Поле допуску залежить також від довжин згвинчення, які підрозділяються на три групи: короткі **S**, нормальні **N** і довгі **L**.

Позначення поля допуску діаметра різьби складається з цифри, яка позначає міру точності, і букви латинського алфавіту (рядковою для зовнішньої різьби і прописною для внутрішньої), яка позначає основне відхилення. Наприклад: **6g**, **6H**. Позначення поля допуску різьби складається з позначення поля допуску середнього діаметра, який поміщається на першому місці, і позначення поля допуску діаметра виступів (**d** або **D<sub>1</sub>**). Наприклад: **4H5H**, де **4H** – поле допуску діаметра **D<sub>2</sub>**, **5H** – поле допуску діаметра **D<sub>1</sub>**.

Якщо позначення поля допуску діаметра виступів збігається з позначенням поля допуску середнього діаметра, то воно в позначенні поля допуску різьби не повторюється. Наприклад: **6g**, **5H**.

В умовному позначенні різьби позначення поля допуску повинне слідувати за позначенням розміру різьби через тире. Нормальна (**N**) довжина згвинчення в умовному позначенні різьби не вказується. Поля допусків вибирають із таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Поля допусків метричної циліндричної різьби для діаметрів понад **1 мм** для з'єднань із зазором. Довжина згвинчення **N** (нормальна). **ГОСТ 16093-2002**

Клас точності	Поле допуску різьби						
	зовнішньої: болт, гвинт, шпилька					внутрішньої: гайка	
Точний				<u><b>4g</b></u>	4h	4H5H	<u><b>5H</b></u>
Середній	6d	6e	6f	<u><b>6g</b></u>	6h	6G	<u><b>6H</b></u>
Грубий				<u><b>8g</b></u>	8h	7G	<u><b>7H</b></u>

Примітка: підкреслені поля допусків слід застосовувати найперше.

Приклади позначення різьби з крупним кроком: зовнішньої **M12–8g**; внутрішньої **M12–7H**; з дрібним кроком: зовнішньої **M12•1,25–8g**; внутрішньої **M12•1,25–7H**; лівої різьби: зовнішньої **M12 LH–8g**; внутрішньої **M12 LH–7H**.

Посадка в різьбовому з'єднанні позначається дробом, у чисельнику якого вказують позначення поля допуску внутрішньої різьби, а в знаменнику — позначення поля допуску зовнішньої різьби. У посадках допускаються будь-які поєднання полів допусків зовнішньої і внутрішньої різьби, вказані в **ГОСТ 16093–2002**, але переважно поєднувати поля допусків одного класу точності.

Наприклад: **M12–7H/8g**; **M12•1,25–6H/6g**; **M12•1,25 LH–7H/8g**.

## 1.6 Інші кріпильні різьби

### 1.6.1 Різьба метрична конічна

Метрична конічна різьба з конусністю **1:16** і номінальним діаметром від **6** мм до **60** мм згідно з **ГОСТ 25229-82** застосовується в конічних різьбових з'єднаннях, а також у з'єднаннях зовнішньої конічної різьби з внутрішньою циліндричною різьбою, що має номінальний профіль згідно з **ГОСТ 9150-2002**. Вона має в основній площині спільні розміри з метричною циліндричною різьбою.

**Основною площиною** різьби називається площина, у якій середній діаметр має номінальне значення. Розміри елементів профілю конічної і загвинчуваної з конічною циліндричною різьбою, наведені в **ГОСТ 9150-2002**. Метрична конічна різьба позначається на полиці лінії-виноски літерами **МК**, наприклад: **МК30•2**. Ліва різьба: **МК30•2ЛН**.

У позначенні внутрішньої циліндричної різьби, яка згвинчується з конічною, приводять номер стандарту конічної різьби, наприклад, **М30•2 ГОСТ 25229-82**.

Позначення конічного різьбового з'єднання відповідає прийнятому позначенню для конічної різьби, наприклад **МК30•2**.

У позначенні різьбового з'єднання внутрішньої циліндричної різьби із зовнішньою конічною входить дріб **М/МК**, наприклад **М/МК30•2 ГОСТ 25229-82**. У випадку, якщо профіль внутрішньої циліндричної різьби не має плоско зрізаної впадини, то в позначенні з'єднання посилання на стандарт не наводять, наприклад **М/МК30•2**.

### 1.6.2 Різьба трубна циліндрична

Різьба трикутного профілю з кутом **55°** при вершині називається **трубною**. Трубна різьба буває циліндричною і конічною. **ГОСТ 6357-2004** встановлює профіль, основні розміри і допуски трубної циліндричної різьби. Різьба трубна циліндрична (**ГОСТ 6357-2002**) застосовується на водо- газопровідних трубах, деталях для їхнього з'єднання (муфтах, косинцях, хрестовинах і т. д.), трубопровідній арматурі (засувках, клапанах) і так далі. Профіль трубної різьби, спільний для зовнішньої і внутрішньої різьб, має скруглення вершин і впадин. Це робить різьбу більш герметичною, ніж метрична.

Цю різьбу застосовують в циліндричних різьбових з'єднаннях і в з'єднаннях внутрішньою циліндричною із зовнішньою конічною різьбою з профілем згідно з **ГОСТ 6211-81**.

Допуски діаметрів впадин **d<sub>1</sub>** і **D** не встановлюються. Допуски середнього діаметра різьби встановлюються двох класів точності: **A** і **B**. Довжини згвинчення поділяються на нормальні (**N**) і довгі (**L**). Умовне позначення різьби складається з літери **G**, позначення розміру різьби і класу точності середнього діаметра.

В умовне позначення трубної циліндричної різьби входить літера **G**, розмір різьби в дюймах (без знаку <">), клас точності середнього діаметра різьби – **A** або **B** (менш точний) і довжина згвинчення, якщо вона перевершує нормальну, встановлену стандартом. Приклади: **G1/2–A**; **G1/2Н–A**; **G3/8–b–20**; **G3/8Н–B–40**, де числа **20** і **40** – довжини згвинчення в мм.

### 1.6.3 Різьба трубна конічна

Різьба трубна конічна **ГОСТ 6211-81** застосовується в з'єднаннях труб за великого тиску і температури, коли потрібна підвищена герметичність з'єднання, наприклад у горловині газових балонів. Кут профілю – **55°**, конусність – **1:16**. Оскільки в конічній різьби діа-

метр безперервно змінюється, то її розмір відносять до перетину в основній площині (приблизно посередині довжини зовнішньої різьби). У цьому перетині діаметр конічної різьби дорівнює діаметру трубної циліндричної різьби. Положення основної площини вказується на робочому кресленні (береться із стандарту).

Зовнішня різьба позначається літерою **R**, наприклад **R1/2**; внутрішня – **Rc**, наприклад, **Rc1/2**; ліві – **R1/2lh** і **Rc1/2lh** відповідно.

Збіг в основній площині розмірів трубної конічної різьби з розмірами трубної циліндричної дозволяє сполучати внутрішню трубу циліндричну із зовнішньою трубною конічною. Приклад позначення такого з'єднання: **G/r11/2 -A** або **G/r11/2 LH-A**.

#### 1.6.4 Різьба конічна дюймова

Різьба конічна дюймова (кут профілю – **60°**, конусність – **1:16**) **ГОСТ 6111-52** застосовується в з'єднаннях паливних, масляних, водяних і повітряних трубопроводів машин і верстатів за невисокого тиску. Позначення конічної дюймової різьби наноситься на полиці ліній-виноски, як у трубних різьб. Наприклад: **K3/4" ГОСТ 6111-52**.

#### 1.6.5 Різьба круга

**ГОСТ 13536-68** визначає профіль, основні розміри і допуски круглої різьби. Цю різьбу застосовують для шпинделів вентилів змішувачів і туалетних кранів **ГОСТ 19681-94**, і водопровідних кранів. Передбачений лише один діаметр **d = 7 мм** і крок **P = 2,54 мм**.

Приклад позначення: **Кр. 7•2,54 ГОСТ 13536-68**. Аналогічний профіль має різьба круга (але для діаметрів **8...200 мм**) по **СТ РЕВ 3293-81**, введеному в дію безпосередньо як Державний стандарт. Різьба застосовується для кріюків підйомних кранів, а також в умовах дії агресивного середовища. Приклад позначення: **Rd 16; Rd 16 LH**.

### 1.7 Ходові різьби

#### 1.7.1 Різьба трапецоїдна

Трапецоїдна різьба призначена переважно для передачі зворотно-поступального руху і осьових зусиль. Різьба буває однозахідною і багатозахідною, а також правою і лівою.

**ГОСТ 9484-81** встановлює профіль трапецоїдної різьби. **ГОСТ 24738-81** встановлює діаметри (від **8 мм** до **640 мм**) і кроки однозахідної трапецоїдної різьби. **ГОСТ 24737-81** встановлює основні розміри трапецоїдної однозахідної різьби. **ГОСТ 9562-81** поширюється на допуски трапецоїдної однозахідної різьби. **ГОСТ 24739-81** встановлює основні розміри, ходи і допуски багатозахідної трапецоїдної різьби.

Профіль різьби має форму рівнобічної трапеції з кутом між бічними сторонами, що дорівнює **30°**. Умовне позначення трапецоїдної однозахідної різьби складається з літер **Tr**, значення номінального діаметру різьби, кроку і поля допуску. Для позначення лівої різьби використовуються літери **LH**.

Приклади позначення:

1) трапецоїдна однозахідна зовнішня різьба діаметром **40 мм** з кроком **6 мм**: **Tr40•6 -7e**;

2) те саме для внутрішньої різьби: **Tr40•6 -7H**.

У разі необхідності вказують довжину згвинчення **L** у міліметрах (після позначення поля допуску різьби): **Tr40•6 - 8e - 85; Tr40•6lh - 8e - 85**.



Умовне позначення трапецієдної багатозахідної різьби складається з літер **Tr**, значення номінального діаметру різьби, числового значення ходу і в дужках літери **P** і числового значення кроку. Поле допуску і довжину згвинчення позначають так само, як для однозахідної різьби.

Приклади позначення:

- 1) трапецієдна багатозахідна зовнішня різьба діаметром **20 мм** з ходом **8 мм** і кроком **4 мм**: **Tr20•8(P4) - 8e**;
- 2) те саме для внутрішньої різьби: **Tr20•8(P4) - 8H**;
- 3) те саме для зовнішньої різьби при довжині згвинчення **L = 110 мм**: **Tr20•8(P4) - 8e - 110**;
- 4) те саме для лівої різьби: **Tr20•8(P4)LH - 8e - 110**.

### 1.7.2 Різьба упорна

**ГОСТ 10177-82** встановлює профіль і основні розміри упорної різьби. Цю різьбу застосовують переважно тоді, коли гвинт повинен передавати навантаження в одному напрямі (наприклад, у домкратах). У стандарті наведені характеристики упорної різьби діаметром від **10 мм** до **640 мм** з кроком від **2 мм** до **24 мм**.

Профіль різьби — нерівнобічна трапеція, одна із сторін якої нахилена до вертикалі під кутом **3°**, а інша — під кутом **30°**. Умовне позначення упорної однозахідної різьби складається з літери **S**, значень номінального діаметра, кроку і поля допуску. Для лівої різьби позначення доповнюється літерами **LH**. Приклади позначення однозахідної різьби:

- 1) зовнішня упорна різьба діаметром **80 мм** з кроком **10 мм** і полем допуску **7h**: **S80•10 -7h**;
- 2) те саме для лівої різьби: **S80•10LH -7h**;
- 3) внутрішня упорна різьба діаметром **80 мм** із кроком **10 мм** і полем допуску **7Az**: **S80•10 -7Az**.

Довжину згвинчення **L**, якщо необхідно, вказують у міліметрах після позначення поля допуску: **S80•10 -7h -70**.

В умовне позначення багатозахідної різьби входить літера **S**, номінальний діаметр, хід і в дужках літера **P**, а також значення кроку. Приклади позначення:

- 1) двозахідна різьба з кроком **10 мм** і значенням ходу **20 мм**: **S80•20 (P10)**;
- 2) те саме для лівої різьби: **S80•20(P10) LH**.

### 1.7.3 Різьба прямокутна

Прямокутна різьба не стандартизована. Прямокутну різьбу застосовують для передачі осьових сил у вантажних гвинтах і руху в ходових гвинтах, оскільки вона має високий ККД.

Основними недоліками різьби є складність усунення осьового биття в з'єднаннях і менша міцність в порівнянні з трапецієдальною і упорною різьбами. На кресленнях прямокутна різьба задається всіма конструктивними розмірами: зовнішнім і внутрішнім діаметрами, кроком, шириною зуба. Квадратна різьба є особливим випадком прямокутної. У позначенні різьби вказують словами її вигляд, заходність (якщо вона не однозахідна) і напрям (якщо вона ліва).

## 1.8 Зображення і позначення різьби на кресленнях

ГОСТ 2.311-68 [4] встановлює правила зображення і нанесення позначення різьби на кресленнях всіх галузей промисловості і будівництва. **Зовнішня різьба** на стрижні зображується суцільними товстими лініями по зовнішньому діаметру і суцільними тонкими лініями по внутрішньому діаметру. На зображенні, отриманому проектуванням на площину, паралельну осі різьби, суцільні тонкі лінії проводяться на всю довжину різьби без збігу (починаються від лінії, що позначає межу різьби, і перетинають лінію межі фаски (рис. 1.10 а, д).

На зображенні, отриманому проектуванням на площину, перпендикулярну осі різьби, по зовнішньому діаметру різьби проводиться коло суцільною товстою лінією, а по внутрішньому діаметру різьби проводиться тонкою суцільною лінією дуга, що приблизно дорівнює  $3/4$  кола і розімкнена в будь-якому місці; фаска на цьому виді не зображується (рис. 1.10 а, і).

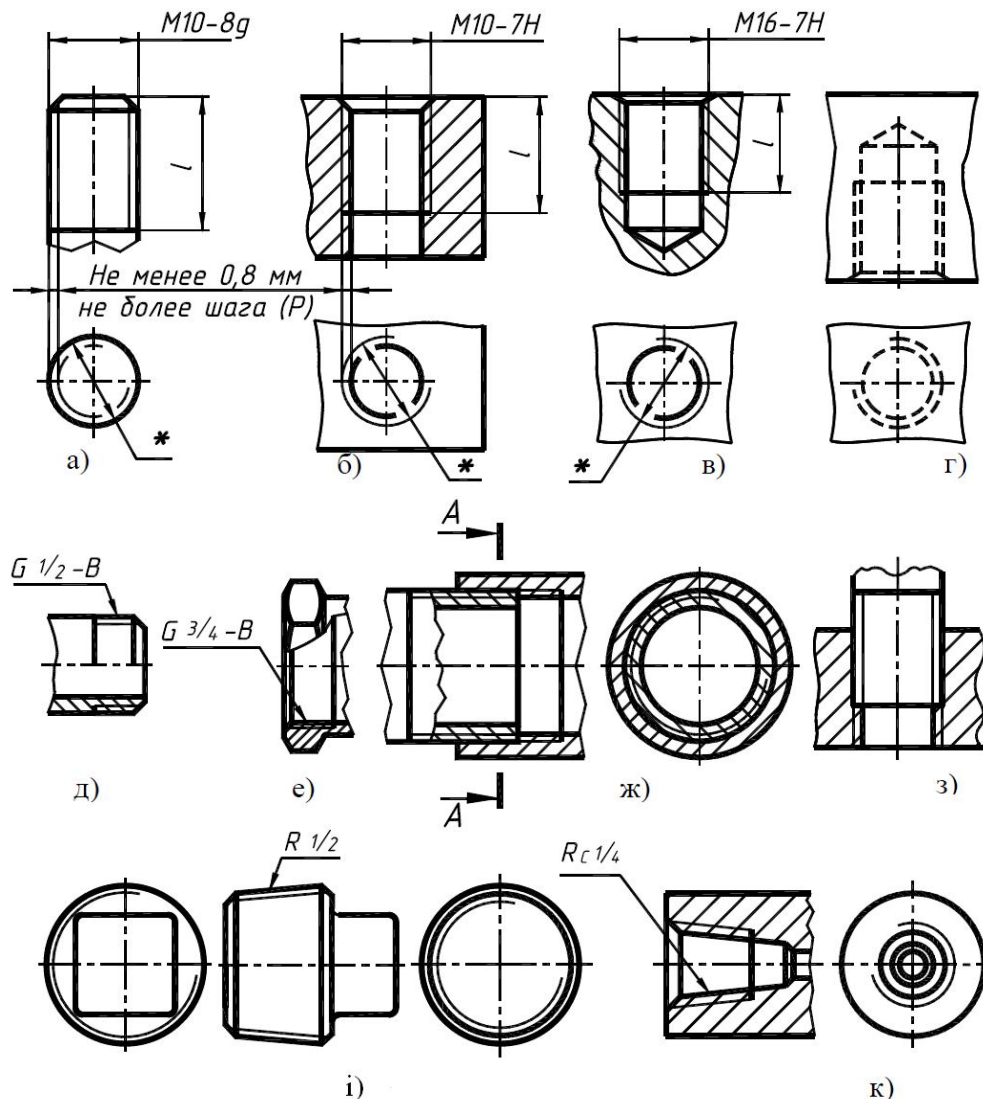


Рисунок 1.10 – Зображення різьби на кресленнях

**Внутрішня різьба** на подовжному розрізі зображується суцільними товстими лініями по внутрішньому діаметру і суцільними тонкими лініями по зовнішньому діаметру різьби, які проводяться на всю довжину різьби (від лінії, що позначає межу різьби, і до ліній, що зображають фаску). На зображенні, отриманому проектуванням на площину, перпендикулярну осі різьби, по внутрішньому діаметру різьби проводиться коло суцільною товстою лінією

єю, а по зовнішньому діаметру проводиться тонкою суцільною лінією дуга, що приблизно дорівнює  $\frac{3}{4}$  кола і розімкнена в будь-якому місці; фаска на цьому виді не зображується (рис. 1.10, б, в, д). Відстань між суцільними товстою і тонкою лініями, які використані для зображення різьби (рис. 1.10, а, б) має бути не менше **0,8 мм** і не більш за крок різьби. Дуга, що дорівнює  $\frac{3}{4}$  кола, не повинна розпочинатися і закінчуватися точно в осевій лінії.

Внутрішня різьба, що показується як невидима, зображується штриховими лініями однієї товщини по зовнішньому і по внутрішньому діаметрам, (рис. 1.10, г).

Лінія, що зображує межу різьби, наноситься в тому місці, де кінчається різьба повного профілю і починається збіг різьби. Межу різьби проводять до лінії зовнішнього діаметру різьби і зображують суцільною товстою основною, (рис. 1.10, а, б, в, д, е, ж), або штриховою лінією, якщо різьба зображена як невидима (рис. 1.10 г).

Штрихування в розрізах і перетинах проводять до лінії зовнішнього діаметру різьби на стрижні і до лінії внутрішнього діаметра в отворі, тобто в обох випадках до суцільної товстої основної лінії (рис. 1.10, б, в, д, е, ж, к). Розмір довжини різьби на стрижні і в отворі вказують зазвичай без збігу (рис. 1.10, а, б, в). У необхідних випадках допускається включати збіг у довжину різьби, а також вказувати окремо величину збігу.

Кінець глухого різьбового отвору зображується так, як показано на рисунку 1.10, в. Глухий різьбовий отвір називається **гніздом**. Гніздо закінчується конусом із кутом **120°** при вершині, який залишається від свердла. На кресленні розмір цього кута не проставляється.

Фаски на стрижні з різьбою і в отворі з різьбою, що не мають спеціального призначення, у проекції на площину, перпендикулярну до осі стрижня або отвору, не зображують (рис. 1.10, а, б).

Різьбу з нестандартним профілем показують одним із способів, зображених на рисунку 1.11, із усіма необхідними розмірами і граничними відхиленнями.

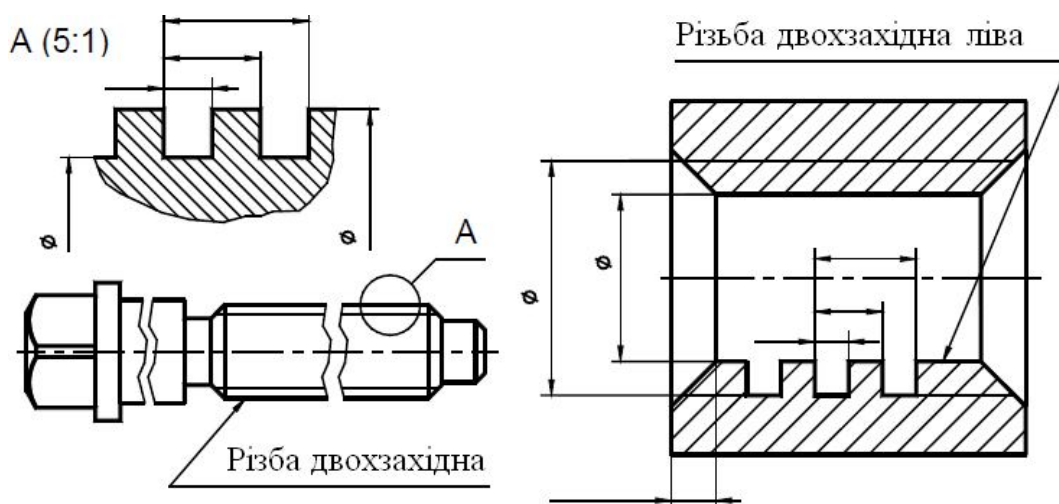


Рисунок 1.11 – Зображення нестандартної різьби

Окрім розмірів і граничних відхилень різьби, на кресленнях вказують додаткові дані про кількість заходів, про лівий напрям різьби і тому подібне з додаванням слова «різьба».

На розрізах різьбового з'єднання в зображенні на площині, паралельній його осі, в отворі показують лише ту частину різьби, яка не закрита різьбою стрижня (рис. 1.10, ж, з).

Позначення різьб вказують по відповідних стандартах на розміри і граничні відхилення різьб і відносять їх для всіх різьб, окрім конічних і трубної циліндричної, до зовнішнього

діаметра, як показано на рисунку 1.10, а, б, в. Позначення конічних різьб і трубної циліндричної різьби наносять, як показано на рисунку 1.10, д, е, і, к.

На рисунку 1.10 знаком «\*» відмічені місця можливого нанесення позначення різьби, окрім вказаних. Приклади позначень деяких типів різьб наведені в таблиці 1.4. Якщо на стрижні або в отворі нарізана ліва різьба, то для позначення різьби на кресленні додаються літери **LH**, наприклад: **M16LH-6g**, **M16•1,5LH-6g**, **G 3/4 LH-B**.

Варто звернути увагу на умовність позначення трубної циліндричної різьби. Якщо для метричних і інших різьб число, що стоїть після умовного позначення типу різьби (**M**, **Tg**, **S**), відповідає зовнішньому діаметру різьби в **мм**, то в трубній різьбі число, що стоїть в позначенні різьби після літери **G**, відповідає розміру внутрішнього діаметру труби, на якій нарізується ця різьба, у дюймах. Внутрішній діаметр труби називають умовним проходом і позначають **Dy**. Наприклад, якщо різьба має позначення **G1**, то це означає, що вона нарізана на трубі, що має умовний прохід, що дорівнює приблизно **1" (≈25 мм)**, зовнішній діаметр **33,5**, а зовнішній діаметр різьби відповідно до **ГОСТ 6357-81** дорівнює **33,249 мм**. У всіх технічних розрахунках один дюйм приймається таким що дорівнює **25,4 мм**.

Розглянемо прийоми виміру різьби, які зазвичай викликають складність. Для визначення типу і кроку різьби користуються різьбомірами і стандартами різьб.

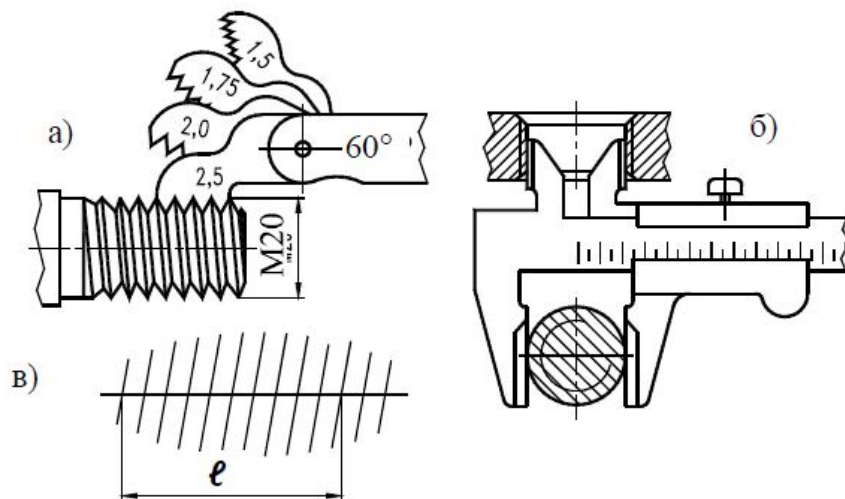
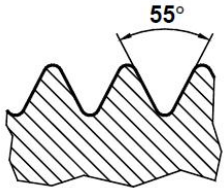
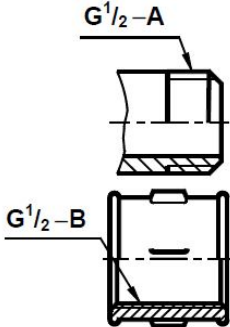
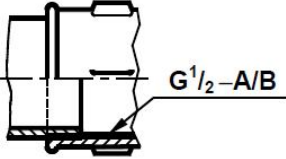
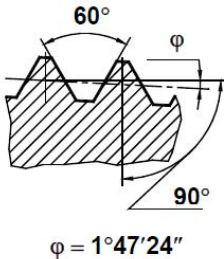
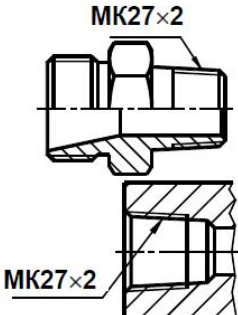
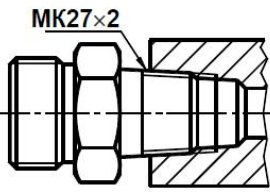
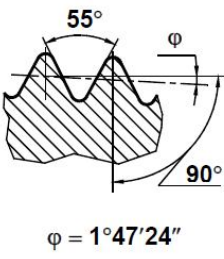
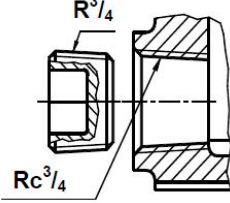
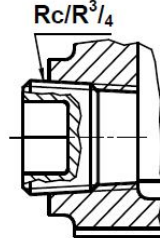
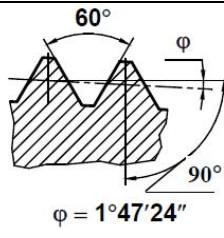
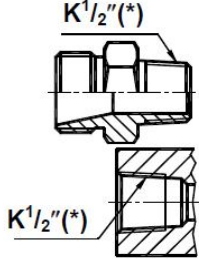
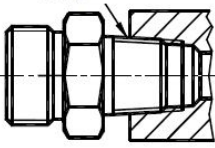
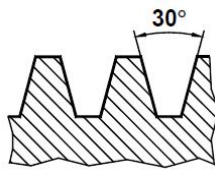
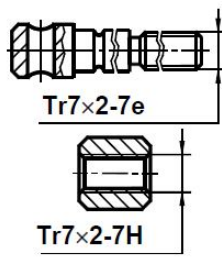
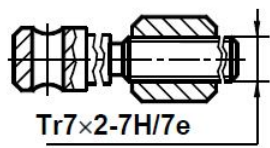


Рисунок 1.12 – Вимірювання параметрів різьби

Таблиця 1.4 – Різьба. Зображення і позначення

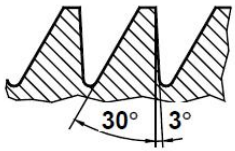
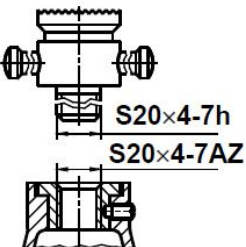
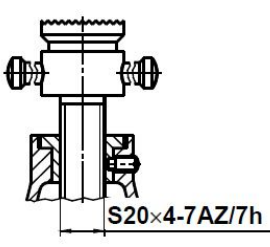
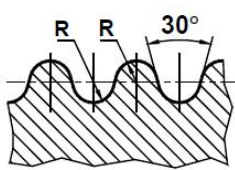
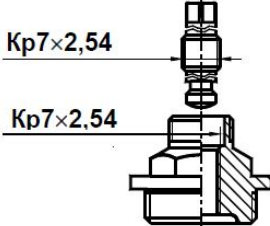
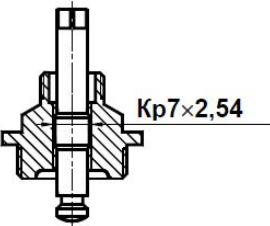
Тип різьби	Профіль різьби	Умовне зображення і позначення	Приклад позначення різьбового з'єднання	Стандарт
1	2	3	4	5
Метрична				Профіль ГОСТ 9150-2002 Основні розміри ГОСТ 24705-2002 Діаметр і кроки ГОСТ 8724-2002

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5
Трубна циліндрич- на				ГОСТ 6357-81
Метрична конічна				Профіль, діа- метри, кроки, основні роз- міри і допус- ки ГОСТ 25229-82
Трубна конічна				ГОСТ 6211-81
Конічна дюймова				ГОСТ 6111-52  (* ) ГОСТ 6111-52
Трапецоїдна				Профіль ГОСТ 9484-81 Діаметр і кроки одно- західної різь- би ГОСТ 2473-81 бага- тозахідної ГОСТ 24739-81



Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4	5
Упорна				Профіль і основні розміри ГОСТ 10177-82
Кругла				ГОСТ 13536-68

Існує два види різьбимірів: з клеймом **М 60°** – для метричних різьб із кутом профілю **60°** і з клеймом **Д 55°** – для дюймової і трубної різьб з кутом профілю **55°**. На кожній гребінці різьбиміра для метричних різьб вибита цифра, яка вказує крок різьби в **мм**, для дюймових і трубних різьб – число кроків на довжині **25,4 мм (1" = 25,4 мм)**.

Підбором гребінки до різьби (рис. 1.12, а) визначається крок метричної різьби або число кроків на один дюйм для дюймової або трубної різьб. Потім штангенциркулем вимірюється зовнішній (внутрішній) діаметр різьби (рис. 1.12, в). Отримані результати звіряються за таблицею відповідного стандарту (наприклад, таблиця 1.2), і встановлюються остаточні параметри різьби.

За відсутності різьбиміра крок різьби або число кроків на один дюйм можна визначити за допомогою відтиску на папері. Для цього потрібно на край столу покласти аркуш письмового паперу, прикласти до нього різьбову частину деталі і натисненням руки отримати відтиск декількох витків (рис. 1.12, б). На відтиску вимірюється відстань  $\ell$  між крайніми виразно видимими рисками і підраховується число  $n$  кроків на довжині  $\ell$  ( $n$  на одиницю менше числа рисок). Величина кроку визначається за формулою  $P = \ell / n$ .

Число кроків на один дюйм знаходимо за формулою:

$$X = 25,4n / \ell, \text{ якщо } \ell = 25,4, \text{ то } X = n.$$

Для визначення кроку різьби або числа кроків на один дюйм в різьбовому отворі папір наворачують на металевий або дерев'яний циліндровий стрижень і натисненням руки на стрижень отримують відтиск декількох витків. Подальший прорахунок проводиться так, як вказано вище. Кут профілю різьби можна визначити за допомогою шаблону, вирізаного з щільного паперу. Найзручніше вимірювати різьбу в отворі по тій деталі, яка угвинчується в нього і, отже, має таку ж різьбу.

## 2 КРІПІЛЬНІ РІЗЬБОВІ ВИРОБИ

До кріпильних різьбових виробів належать болти, шпильки, гайки, гвинти і фітинги [2, 8]. З їхньою допомогою здійснюються нерухомі роз'ємні з'єднання деталей машин і механізмів. **Фітинги**: косинці, трійники, муфти прямі і перехідні і т. п., є сполучними різьбовими частинами для водо- і газопровідних труб. Основним параметром для цих сполучних деталей є умовний прохід **Dy**, що приблизно дорівнює внутрішньому діаметру труб, які з'єднуються.

На кріпильних різьбових виробках (окрім фітингів) нарізується метрична різьба з крупними і дрібними кроками **ГОСТ 8724-2002**; допуски різьби – **ГОСТ 16093-2002**. На фітингах і трубах нарізується трубна циліндрична різьба **ГОСТ 6357-2004**. Для цієї різьби встановлено два класи точності середнього діаметра – **A** (точніший) і **B**.

Під час виконання ескізу або креслення кріпильного різьбового виробу з натури усі необхідні розміри визначаються безпосереднім обміром, після чого уточнюються по таблицях відповідного стандарту. Розташування розмірів на ескізі (кресленні) кріпильної деталі повинне відповідати розташуванню їх у стандарті. Конструктивні розміри болтів, шпильок, гайок, гвинтів і фітингів, необхідні для викреслювання їх відповідно до стандартів, наведені в таблицях 2.1 – 2.12.

Фаски, що є на кінцях болтів, шпильок, гвинтів і на торцях різьбових отворів гайок, гнізд і фітингів, роблять для зберігання крайніх витків різьби від пошкоджень і для зручності загвинчування. Розміри фасок для кінців болтів, шпильок, гвинтів і різьбових отворів вибирають в таблиці 2.19.

### 2.1 Болти з шестигранною голівкою

**Болтом** називається циліндричний стрижень із голівкою на одному кінці і різьбою для гайки на іншому (табл. 2.1). Голівки болтів бувають різної форми, яка встановлюється відповідним стандартом. Найбільше вживання в машинобудуванні мають болти з шестигранною голівкою (нормальної точності) **ГОСТ 7798-70**. На рисунку 2.1 наведені варіанти виконання стрижня і голівки болтів: виконання **1** – без отвору в стрижні і голівці; **2** – з отвором у стрижні під шплінт; **3** – із двома отворами в голівці для стопоріння дротом; **4** – із циліндричним заглибленням у голівці.

При викреслюванні голівки болта і гайки необхідно правильно побудувати проекції кривих ліній, які є на їх бічних гранях. Ці криві є результатом перетину граней з поверхнею конічної фаски і є конгруентними гіперболами. Проекції цих гіпербол є також гіперболами. На кресленні (болта, гайки) ці гіперболи замінюються дугами кіл. Для знаходження центрів радіусів **R**, **R<sub>1</sub>**, **R<sub>2</sub>**, дуг кіл використовують три точки: вершину гіперболи (т. **A**) і кінці гіперболи (т. **B**), які визначаються за правилами нарисної геометрії. Знаходження центра **O** для радіуса **R** дуги кола на проекції середньої грані показане на рисунку 2.2, а. Визначення центрів для радіусів **R<sub>1</sub>**, і **R<sub>2</sub>**, аналогічно.

На складальних кресленнях голівки болтів і гайки можна викреслювати за розмірами, які є функцією зовнішнього діаметра **d** різьби болта (рис. 2.12 б). Ці розміри використовуються лише для побудови зображень.

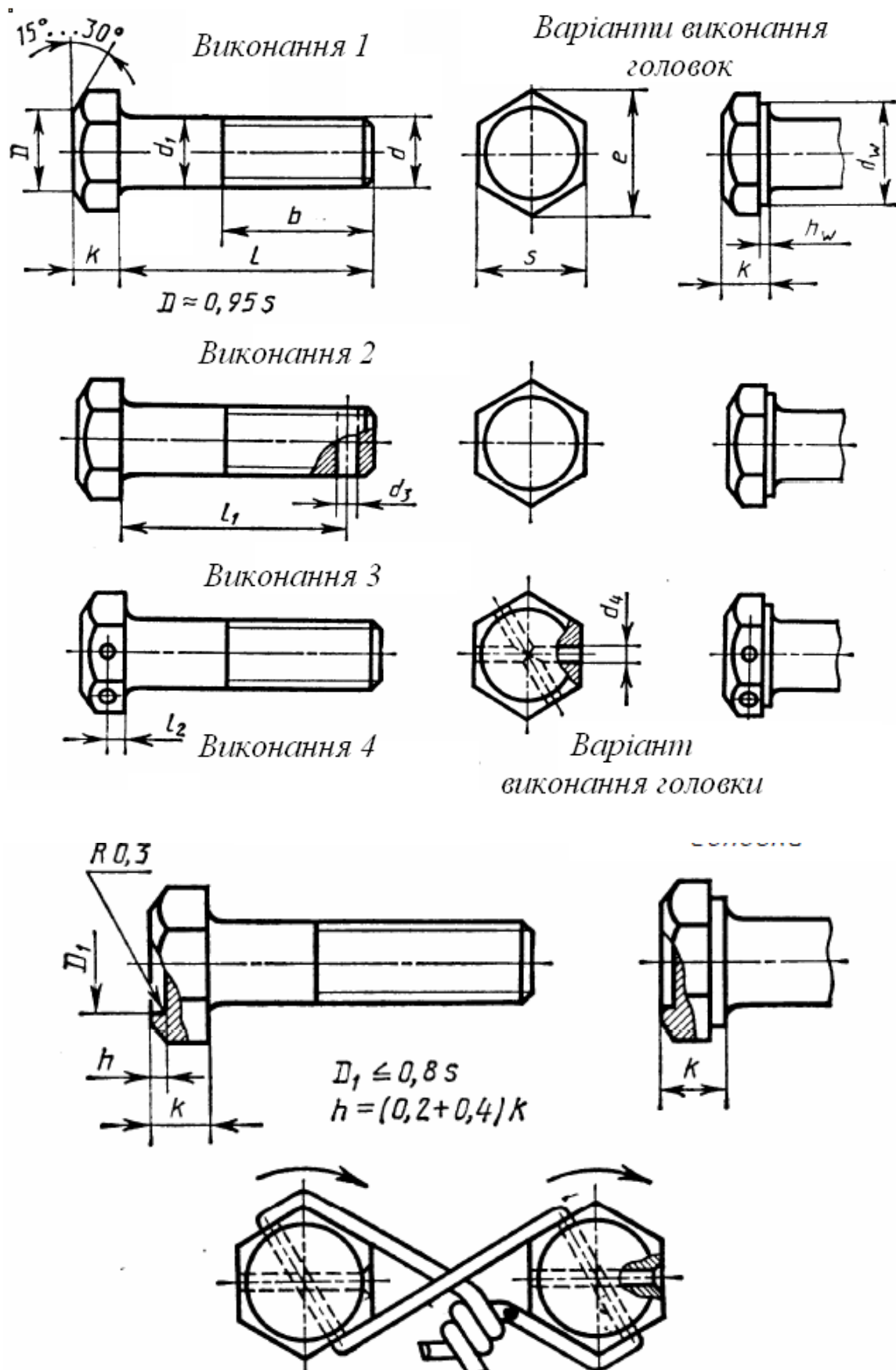


Рисунок 2.1 – Виконання болтів із шестигранною головою



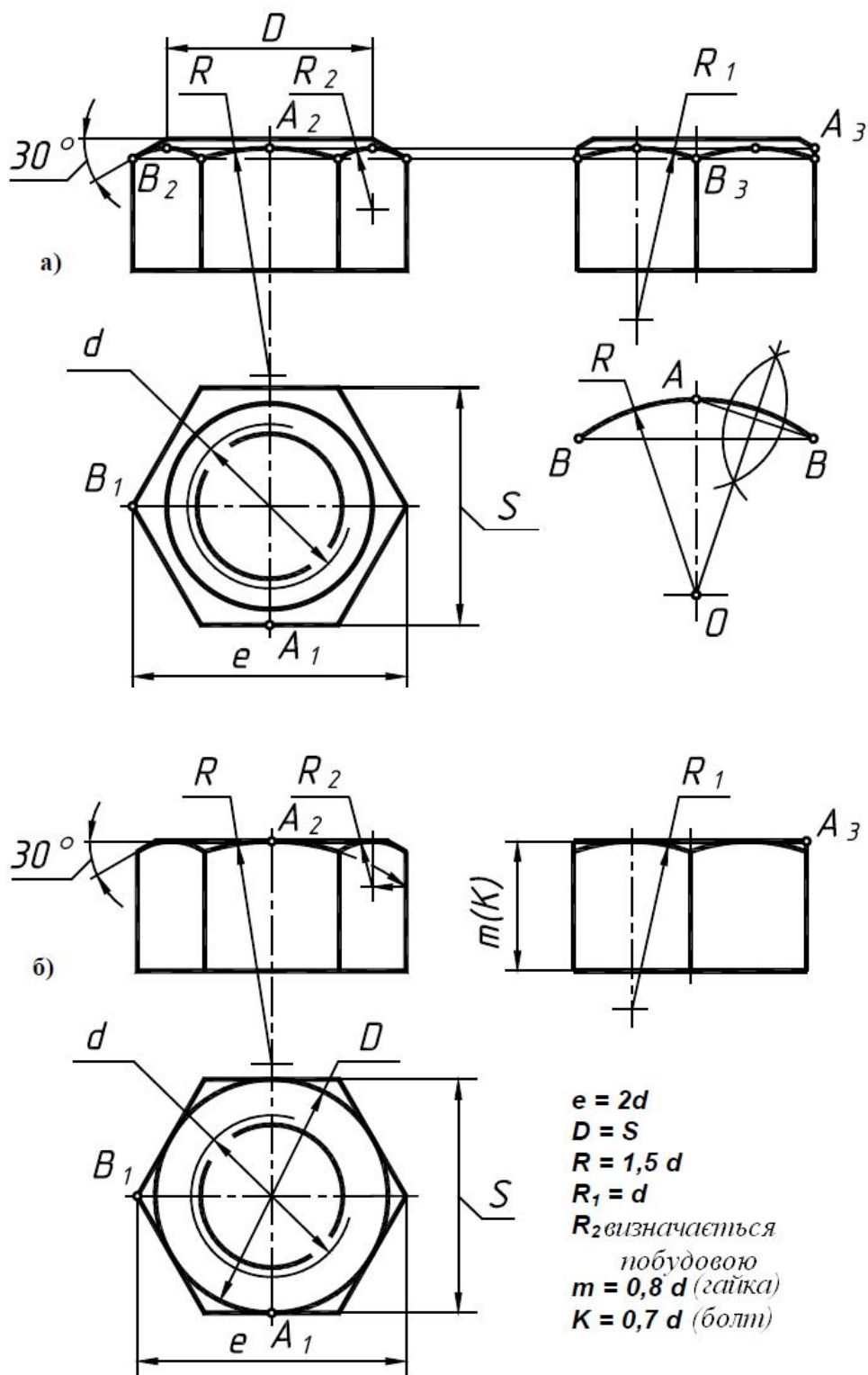
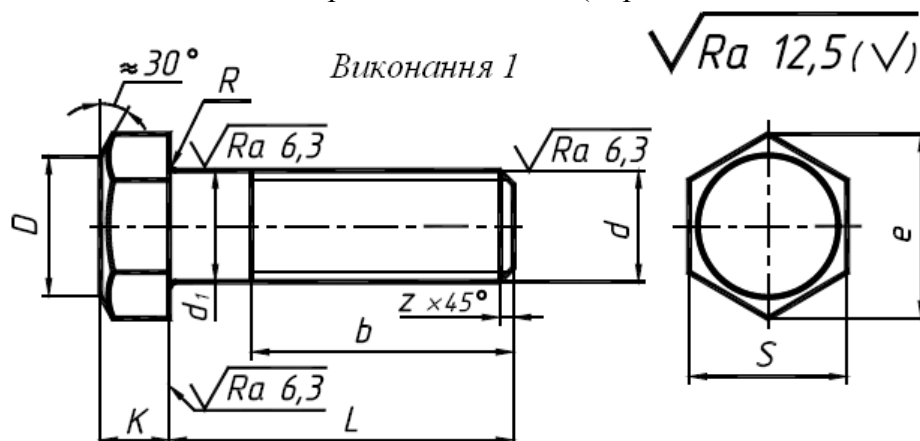


Рисунок 2.2 – Зображення головок болтів і гайок: а – на кресленнях деталей;  
 б – на збірних кресленнях

Таблиця 2.1 – Болти з шестигранною головкою (нормальної точності ГОСТ 7798-70)



Номинальний діаметр різьби $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Крок різьби $P$	крупний	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	дрібний		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Розмір під ключ $S$		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Висота головки $K$		4	5,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,0	15,0
Діаметр описаного кола $e$		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Радіус під головкою $R$		0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
Діаметр фаски $D = (0,9...0,95)S$ ; Діаметр стержня $d_1 = d$											
Довжина болта $L$ , мм		Довжина різьби $b$ , мм									
25		18	25	25	25	25	25	25	25		
30		18	22	30	30	30	30	30	30	30	30
35		18	22	26	30	35	35	35	35	35	35
40		18	22	26	30	34	40	40	40	40	40
45		18	22	26	30	34	38	45	45	45	45
50		18	22	26	30	34	38	42	50	50	50
55		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
60		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55

Приклад умовного позначення болта з діаметром різьби  $d = 12$  мм, довжиною  $L = 60$  мм, класу міцності 5.8, виконання 1, з крупним кроком різьби, з полем допуску різьби 8g, без покриття: Болт М12 - 8g • 60.58 ГОСТ 7798-70.

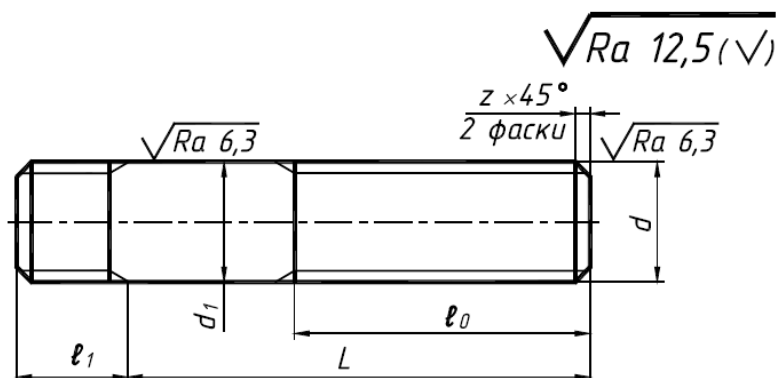
Те саме класу міцності 10.9, із сталі 40Х, виконання 2, з дрібним кроком різьби, з полем допуску різьби 6g, з покриттям 01, товщиною 6 мкм: Болт 2М12 х 1,25 - 6g х 60.109.40Х.016 ГОСТ 7798-70.

## 2.2 Шпильки загального використання

**Шпилька** є циліндричним стрижнем з різьбою на обох кінцях (табл. 2.2). Та частина шпильки, яка угвинчується в різьбовий отвір деталі, називається угвинчуванням (посадочним) кінцем, а частина, на яку надіваються приєднані деталі, шайба і нагвинчується гайка, називається гайковим або стяжним кінцем. Конструкція і розміри шпильок регламентовані **ГОСТ 22032-76 ... ГОСТ 22043-76**.

Довжина  $\ell_1$ , угвинчуваного кінця шпильки залежить від матеріалу, в яку вона угвинчується (табл. 2.3). Чим менша міцність матеріалу деталі, тим більше довжина угвинчуваного кінця [1].

Таблиця 2.2 – Шпильки для деталей з різьбовими отворами (нормальної точності ГОСТ 22032-76, 22034-76, 22038-76)



Номінальний діаметр різьби $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Крок різьби $P$	крупний	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	дрібний		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Довжина угвинчуваного різьбового кінця	$\ell_1 = d$ ГОСТ 22032-76	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	$\ell_1 = 1,25d$ ГОСТ 22034-76	7,5	10	12	15	18	20	22	25	28	30
	$\ell_1 = 2d$ ГОСТ 22038-76	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48

Продовження таблиці 2.2

Довжина шпильки $L$ , мм	Довжина гайкового кінця $\ell_0$ , мм									
25	18	21	20	19	18					
30	18	22	25	24	23					
35	18	22	26	29	28	27	26			
40	18	22	26	30	33	32	31	30		
45	18	22	26	30	34	37	36	35	34	33
50	18	22	26	30	34	38	41	40	39	38
55	18	22	26	30	34	38	42	45	44	43
60	18	22	26	30	34	38	42	46	49	48
65	18	22	26	30	34	38	42	46	50	53
70	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
75	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
80	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54

Примітка. Діаметр стрижня дорівнює номінальному діаметру різьби ( $d_1 = d$ ).

Таблиця 2.3 – Використання шпильок в залежності від матеріалу деталей

Шпильки нормальної точності, ГОСТ	Довжина угвинчуваного різбового кінця	Сфера застосування
22032-76	$\ell_1 = d$	Для різбових отворів в сталевих, бронзових і латунних деталях і деталях з титанових сплавів
22034-76	$\ell_1 = 1,25d$	Для різбових отворів в деталях з ковкого і сірого чавуну
22038-76	$\ell_1 = 2d$	Для різбових отворів в деталях з легких сплавів (алюмінію, магнію)

Приклади умовного позначення шпильки з діаметром різьби  $d = 16$  мм, з крупним кроком різьби, з полем допуску 6g, довжиною  $L = 70$  мм, класу міцності 5.8, без покриття:

Шпилька М16 – 6g • 70.58 ГОСТ 22032-76;

Шпилька М16 – 6g • 70.58 ГОСТ 22034-76;

Шпилька М16 – 6g • 70.58 ГОСТ 22038-76.

Те саме з дрібним кроком різьби  $P = 1,5$  мм, класу міцності 10.9, із сталі 40X, з покриттям 02, товщиною 6 мкм:

Шпилька М16 • 1,5 – 6g • 70.109.40X.026 ГОСТ 22032-76;

Шпилька М16 • 1,5 – 6g • 70.109.40X.026 ГОСТ 22034-76;

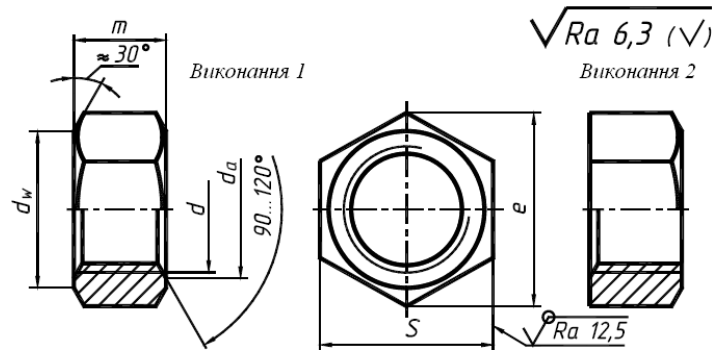
Шпилька М16 • 1,5 – 6g • 70.109.40X.026 ГОСТ 22038-76.



## 2.3 Гайки шестигранні

**Гайка** є призмою або циліндром із наскрізним (інколи глухим) різьбовим отвором для того, щоб нагвинчуватись на болт або шпильку (табл. 2.4). За своєю формою гайки бувають шестигранні, квадратні, круглі, гайки-баранчики і ін. Шестигранні гайки підрозділяються на звичайні, прорізні і корончаті; нормальні, низькі, високі і особливо високі; з однією і двома фасками. Найбільше в машинобудуванні вживаються звичайні шестигранні гайки нормальної точності (ГОСТ 5915-70).

Таблиця 2.4 – Гайки шестигранні нормальної точності (ГОСТ 5915-70)



Номинальний діаметр різьби $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Крок різьби $P$	крупний	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	дрібний		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Розмір під ключ $S$		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Діаметр описаного кола $e$		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Висота $m$		5	6,5	8,0	10,0	11,0	13,0	15,0	16,0	18,0	19,0
Діаметр фаски $d_{w\min}$		9	11,7	15,5	17,2	20,1	22,0	24,8	27,7	29,5	33,2
Діаметр фаски $d_{a\min}$		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Діаметр фаски $d_{a\max}$		6,75	8,75	10,8	13,0	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9

Приклад умовного позначення гайки з діаметром різьби  $d = 12$  мм, виконання 1, з крупним кроком різьби, з полем допуску **7H**, класу міцності **5**, без покриття:

**Гайка M12–7H 5 ГОСТ 5915-70.**

Те саме класу міцності **12**, із сталі **40X**, виконання 2, з дрібним кроком різьби  $P = 1,25$ , з полем допуску **6H**, з покриттям **01**, товщиною **6** мкм:

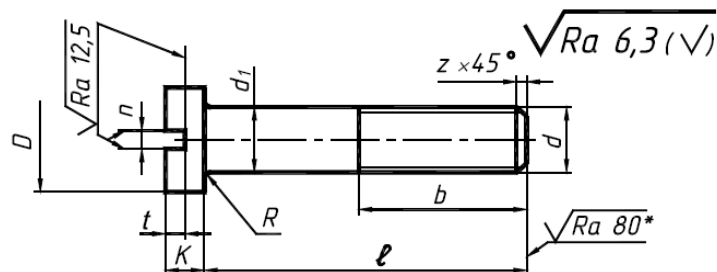
**Гайка 2M12 • 1,25 – 6H.12.40X.016 ГОСТ 5915-70.**

## 2.4 Кріпильні гвинти

**Гвинтом** є циліндричний стрижень із голівкою на одному кінці і різьбою для вгвинчування в одну з деталей, які сполучаються, на іншому (табл. 2.5 – 2.10). Гвинти, які вживаються для нерухомого з'єднання деталей, називаються **кріпильними**, для фіксації відносно-го положення деталей – **настановними**. Голівки гвинтів бувають різної форми, яка встановлюється відповідним стандартом. Найбільше вживаються типи кріпильних гвинтів: із потайною голівкою, **ГОСТ 17475-80**; з напівпотайною голівкою, **ГОСТ 17474-80**; з напівкруглою

голівкою, ГОСТ 17473-80; із циліндричною голівкою, ГОСТ 1491-80; гвинти із циліндричною голівкою і шестигранним поглибленням під ключ, ГОСТ 11738-84. Передбачено два класи точності **A** і **B**. Клас точності в позначенні гвинтів вказується, оскільки згадані стандарти містять дані на гвинти обох класів.

Таблиця 2.5 – Гвинти з циліндричною голівкою класу точності B (нормальної точності) ГОСТ 1491-80



Номінальний діаметр різьби $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Крок різьби $P$	крупний	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	дрібний				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Діаметр головки $D$		7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Висота головки $K$		2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Ширина шліца $n$	не менше	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не більше	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глибина шліца $t$	не менше	1,2	1,5	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не більше	1,6	2,0	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6
Радіус під головкою $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

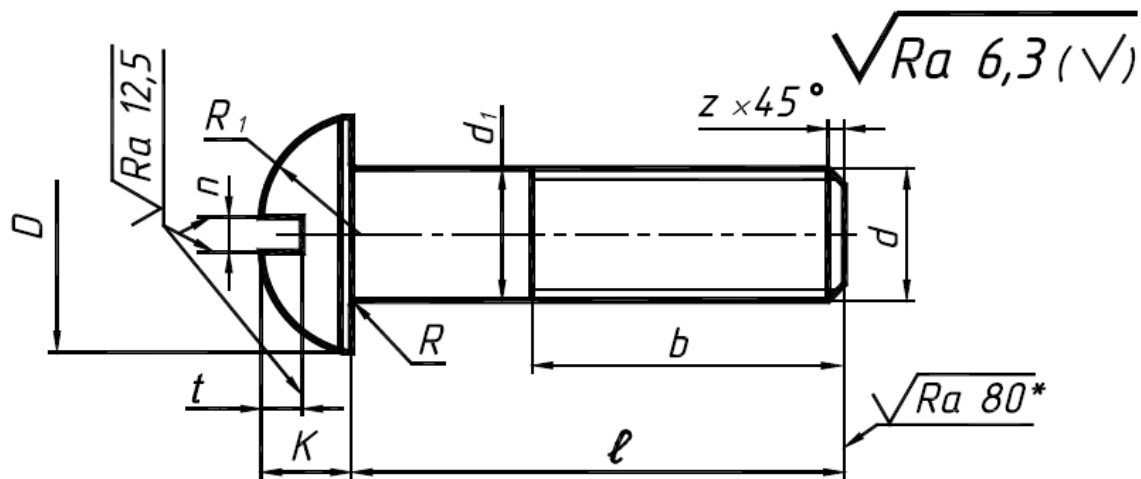
Примітки:

1. Діаметр стрижня  $d_1 = d$ .
2. Довжини  $l$  і  $b$  див. у таблиці 2.10.

Приклад умовного позначення гвинта класу точності **A**, діаметром різьби  $d = 8$  мм, з крупним кроком різьби, з полем допуску різьби **6g**, завдовжки  $l = 50$  мм, класу міцності **4.8**, без покриття з циліндричною голівкою:

**Гвинт А.М8-6g • 50.48 ГОСТ 1491-80.**

Таблиця 2.6 – Гвинти з напівкруглою головкою класу точності В(нормальної точності)  
ГОСТ 17473-80



Номінальний діаметр різьби $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Крок різьби $P$	крупний	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	дрібний				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Діаметр головки $D$		7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Висота головки $K$		2,8	3,5	4,2	5,6	7,0	8,0	9,5	11,0
Радіус сфери $R_1$		3,6	4,4	5,1	6,6	8,1	9,1	10,6	12,1
Ширина шліца $n$	не менше	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не більше	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глибина шліца $t$	не менше	1,6	2,1	2,3	3,26	3,76	3,96	4,26	4,76
	не більше	2,0	2,5	2,7	3,74	4,24	4,44	4,74	5,24
Радіус під головкою $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

Примітки:

1. Діаметр стрижня  $d_1 = d$ .
2. Довжини  $l$  і  $b$  див. у таблиці 2.10.

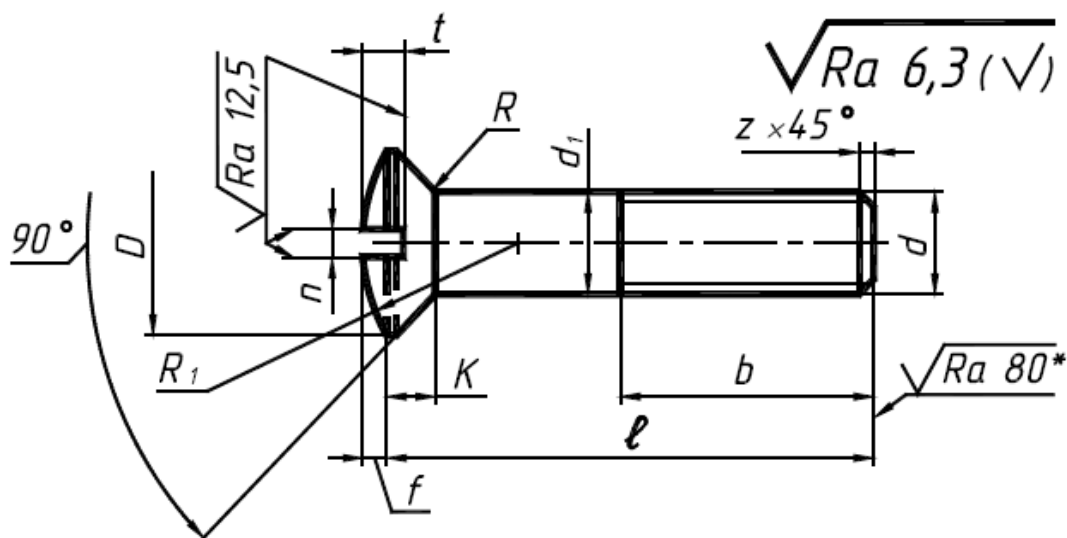
Приклад умовного позначення гвинта класу точності А, діаметром різьби  $d = 8$  мм, з крупним кроком різьби, з полем допуску різьби 6g, завдовжки  $l = 50$  мм, класу міцності 4.8, без покриття з напівкруглою голівкою:

**Гвинт А.М8-6g • 50.48 ГОСТ 17473-80.**

Те саме класу точності В, з дрібним кроком різьби, з полем допуску 8g, з покриттям 01, товщиною 6 мкм:

**Гвинт В.М8 • 1-8g • 50.48.016 ГОСТ 17473-80.**

Таблиця 2.7 – Гвинти з напівпотайною голівкою класу точності В (нормальній точності) ГОСТ 17474-80



Номинальний діаметр різьби: $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Крок різьби $P$	крупний	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	дрібний				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Діаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Висота головки $K$		2,2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Висота сфери $f$		1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Радіус сфери $R_1$		8,0	9,4	12	15	19	22,5	26	30
Ширина шліца $n$	не менше	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не більше	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глибина шліца $t$	не менше	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
	не більше	1,9	2,3	2,8	3,7	4,5	5,4	6,3	7,2
Радіус під головою $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

Примітки:

1. Діаметр стрижня  $d_1 = d$ .
2. Довжини  $l$  і  $b$  див. у таблиці 2.10.

Приклад умовного позначення гвинта класу точності А, діаметром різьби  $d = 8$  мм, із крупним кроком різьби, з полем допуску різьби 6g, завдовжки  $l = 50$  мм, класу міцності 4.8, без покриття з напівпотайною голівкою:

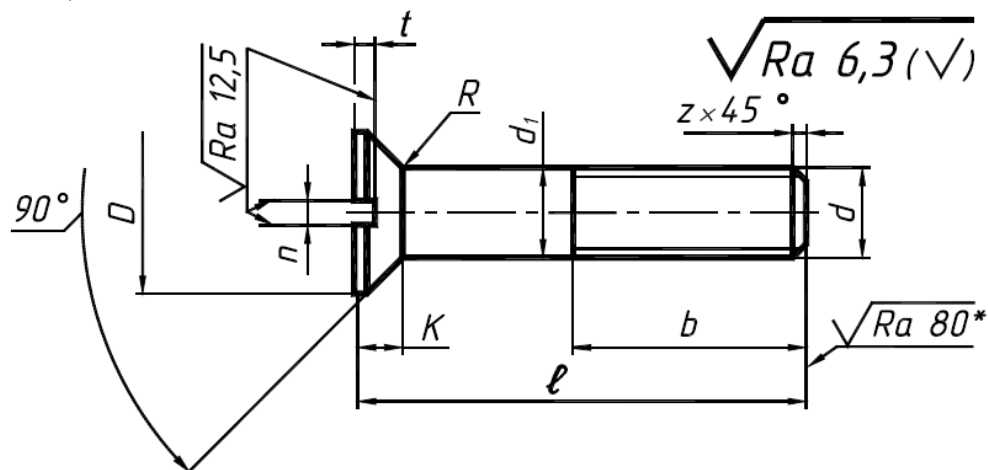
**Гвинт А.М8-6g • 50.48 ГОСТ 17474-80.**

Те саме класу точності В, з дрібним кроком різьби, з полем допуску 8g, з покриттям 01, товщиною 6 мкм:

**Гвинт В.М8 • 1-8g • 50.48.016 ГОСТ 17474-80.**



Таблиця 2.8 – Гвинти з потайною голівкою класу точності В (нормальній точності ГОСТ 17475-80)



Номінальний діаметр різьби $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Крок різьби $P$	крупний	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	дрібний				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Діаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Висота головки $K$		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Ширина шліца $p$	не менше	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не більше	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глибина шліца $t$	не менше	0,8	1,00	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не більше	1,1	1,35	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6
Радіус під головкою $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

Примітки:

1. Діаметр стрижня  $d_1 = d$ .
2. Довжини  $l$  і  $b$  див. у таблиці 2.10.

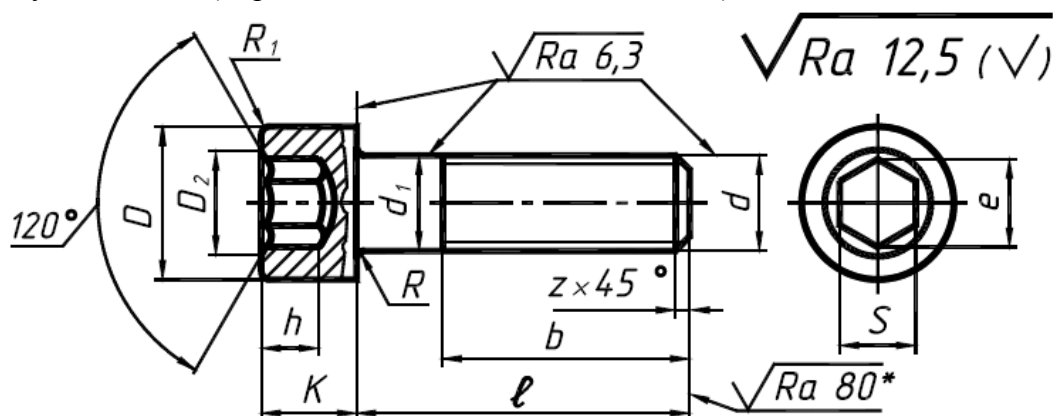
Приклад умовного позначення гвинта класу точності А, діаметром різьби  $d = 8$  мм, з крупним кроком, з полем допуску 6g, завдовжки  $l = 50$  мм, класу міцності 4.8, без покриття з потайною голівкою:

**Гвинт А.М8-6g • 50.48 ГОСТ 17475-80.**

Те саме класу точності В, із дрібним кроком, із полем допуску 8g, із покриттям 01, товщиною 6 мкм:

**Гвинт В.М8 • 1-8g • 50.48.016 ГОСТ 17475-80.**

Таблиця 2.9 – Гвинти з циліндричною голівкою і шестигранним заглибленням під ключ класу точності В (нормальної точності ГОСТ 11738-84)



Номинальний діаметр різьби $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20
Крок різьби $P$	крупний	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5
	дрібний	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5
Діаметр головки $D$		10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0
Висота головки $K$		6	8	10	12	14	16	18	20
Розмір під ключ $S$		5	6	8	10	12	14	16	17
Діаметр описаного кола $e$		5,8	6,9	9,2	11,5	13,7	16,2	17,7	19,6
Діаметр фаски $D_2$		6,1	7,2	9,7	12,0	14,2	16,7	18,2	20,4
Висота шестигранника $h$		3,5	4,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Радіус під головою $R$		0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8
Радіус головки $R_1$		0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6

Примітки:

1. Діаметр стрижня  $d_1 = d$ .
2. Довжини  $l$  і  $b$  див. у таблиці 2.10.

Приклад умовного позначення гвинта класу точності А, діаметром різьби  $d = 10$  мм, з крупним кроком різьби, з полем допуску різьби 8g, завдовжки  $l = 50$  мм, класу міцності 4.8, без покриття з напівпотайною голівкою:

**Гвинт А.М10-8g • 50.48 ГОСТ 11738-84.**

Те саме класу точності В, із дрібним кроком різьби, із полем допуску 8g, із покриттям 01, товщиною 6 мкм:

**Гвинт В.М8 • 1-8g • 50.48.016 ГОСТ 11738-84.**

Таблиця 2.10 – Довжини гвинтів (ГОСТ 1491-80, 17473-80, 17474-80, 17475-80, 11738-84), мм

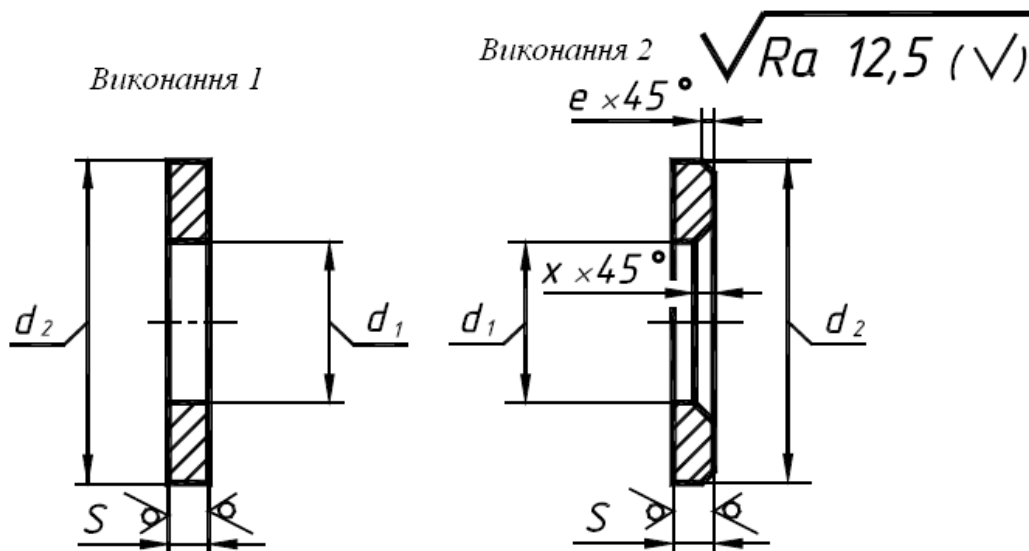
Номинальний діаметр різьби <b>d</b>	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Довжина гвинта <b>ℓ</b>	Довжина різьби <b>b</b> (нормальна)								
10	10	10	10						
12	12	12	12	12					
14	14	14	14	14					
16	16	16	16	16					
20	14	16	20	20	20				
25	14	16	18	22	25	25	25	25	
30	14	16	18	22	26	30	30	30	30
35	14	16	18	22	26	30	35	35	35
40	14	16	18	22	26	30	34	40	40
45	–	16	18	22	26	30	34	38	45
50	–	16	18	22	26	30	34	38	42
55	–	–	18	22	26	30	34	38	42
60	–	–	18	22	26	30	34	38	42
65	–	–	–	22	26	30	34	38	42
70	–	–	–	22	26	30	34	38	42
75	–	–	–	22	26	30	34	38	42

## 2.5 Шайби

**Шайби**, які підкладаються під гайку в з'єднаннях болтом і шпилькою – які, бувають круглі, квадратні, пружинні, стопорні і ін. Вони оберігають поверхню деталі, дотичну з нею, від зносу і пошкоджень при загвинчуванні гайки, збільшують опорну поверхню. Пружинні (ГОСТ 6402-70) і стопорні шайби (ГОСТ 10461-81. ГОСТ 10464-81) захищають гайки від самовідгвинчення і застосовуються в тих випадках, коли з'єднання піддається змінним навантаженням і вібрації.

Розміри круглих шайб, ГОСТ 11371-78, наведені в таблиці 2.11. Шайби виготовляються двох виконань: **1** – без скосу кромки, **2** – із скосом однієї або двох кромки. За величиною шайби бувають нормальні – ГОСТ 11371-78; збільшені – ГОСТ 6958-78; зменшені – ГОСТ 10450-78. Шайби виготовляють двох класів точності А і С.

Таблиця 2.11 – Шайби нормальні (ГОСТ 11371-78)

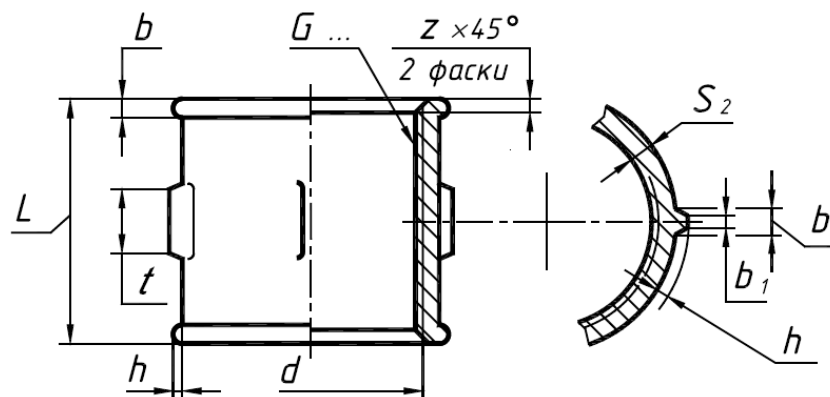


Діаметр різьби кріпильної деталі, мм	Зовнішній діаметр шайби $d_2$ , мм	Внутрішній діаметр шайби $d_1$ , мм	Товщина шайби $S$ , мм	Фаска зовнішня $e$ , мм		Фаска $X$ , мм
				не менше	не більше	не менше
6	12,5	6,4	1,6	0,40	0,80	0,80
8	17	8,4	1,6	0,40	0,80	0,80
10	21	10,5	2,0	0,50	1,00	1,00
12	24	13,0	2,5	0,60	1,25	1,25
14	28	15,0	2,5	0,60	1,25	1,25
16	30	17,0	3,0	0,75	1,50	1,50
18	34	19,0	3,0	0,75	1,50	1,50
20	37	21,0	3,0	0,75	1,50	1,50
22	39	23,0	3,0	0,75	1,50	1,50
24	44	25,0	4,0	1,00	2,00	1,50
27	50	28,0	4,0	1,00	2,00	1,50

## 2.6 Фітинги

**Фітинги:** косинці, трійники, муфти прямі і перехідні і т. п., – є сполучними різбовими частинами для водо- і газопровідних труб. Основним параметром для цих сполучних деталей є **умовний прохід  $D_y$** , що приблизно дорівнює внутрішньому діаметру труб, які з'єднуються. На фітингах і трубах нарізується трубна циліндрична різьба, **ГОСТ 6357-81**. Для цієї різьби встановлено два класи точності – **А** (точніший) і **В**. У таблиці 2.12 наведені розміри прямих муфт. Розміри сталевих труб наведені в таблиці 2.13. У таблиці 2.14 наведені розміри контргайок для трубопроводів. Детальніше про фітинги див. [2].

Таблиця 2.12 – Муфта пряма довга (ГОСТ 8955-75)



Умовний прохід $D_y$ , мм	Різьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивні розміри (ГОСТ 8944-75), мм							
	Позначення на кресленні	Зовнішній діаметр $d$ , мм	Довжина $L$	К-ть ребер	$S_2$	$b$	$h$	$t$	$b_1$	$b_2$	$Z$
8	$G \frac{1}{4}$	13,158	27	2	3,5	3,0	2,0	7	2,0	3,5	1,0
10	$G \frac{3}{8}$	16,663	30	2	3,5	3,0	2,0	8	2,0	3,5	1,0
15	$G \frac{1}{2}$	20,956	36	2	4,2	3,5	2,0	9	2,0	4,0	1,6
20	$G \frac{3}{4}$	26,442	39	4	4,4	4,0	2,5	10,5	2,0	4,0	1,6
25	$G 1$	33,250	45	4	5,2	4,0	2,5	11	2,5	4,5	1,6
32	$G 1 \frac{1}{4}$	41,912	50	4	5,4	4,0	3,0	13	2,5	5,0	1,6
40	$G 1 \frac{1}{4}$	47,805	55	4	5,8	4,0	3,0	15	3,0	5,0	1,6
50	$G 2$	59,616	65	6	6,4	5,0	3,5	17	3,0	6,0	1,6

Приклад умовного позначення прямої довгої муфти з умовним проходом  $D_y = 25$  мм:

а) без покриття:

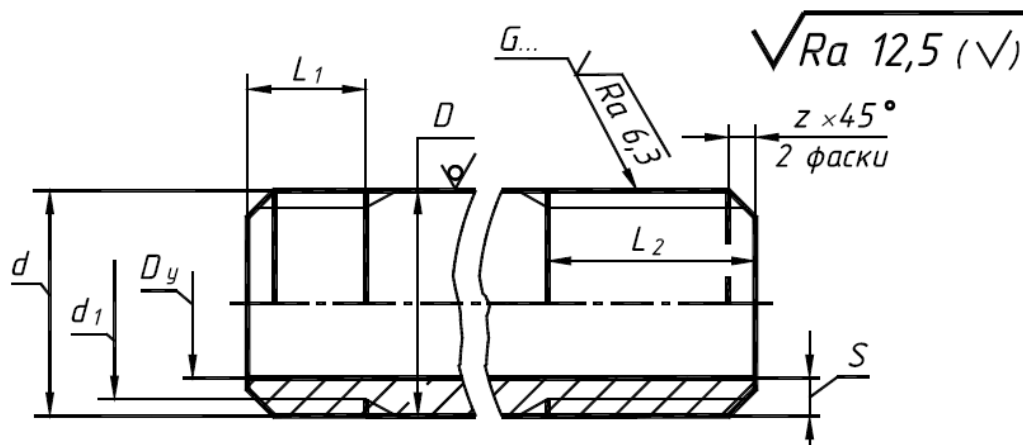
**Муфта довга 25 ГОСТ 8955-75;**

б) з цинковим покриттям:

**Муфта довга Ц-25 ГОСТ 8955-75.**



Таблиця 2.13 – Труби сталеві водо- і газопровідні (ГОСТ 3262-75)



Умовний прохід $D_y$ , мм	Різьба (ГОСТ 6357-81)				Конструктивні розміри, мм			
	Позначення на кресленні	Зовнішній діаметр $d$ , мм	Довжина $L_1$ , мм	Довжина $L_2$ , мм	Зовнішній діаметр $D$	Товщина стінки $S$		Фаска $Z$
						звичайні	посилені	
8	$G\ 1/4$	13,158	7	10	13,5	2,2	2,8	1,6
10	$G\ 3/8$	16,663	8	12	17,0	2,2	2,8	1,6
15	$G\ 1/2$	20,956	9	14	21,3	2,8	3,2	2,0
20	$G\ 3/4$	26,442	10,5	16	26,8	2,8	3,2	2,0
25	$G\ 1$	33,250	11	18	33,5	3,2	4,0	2,5
32	$G\ 1 1/4$	41,912	13	20	42,3	3,2	4,0	2,5
40	$G\ 1 1/2$	47,805	15	22	48,0	3,5	4,0	2,5
50	$G\ 2$	59,616	17	24	60,0	3,5	4,5	2,5

Приклади умовних позначень труб з умовним проходом  $D_y = 25$  мм:

а) труби чорної, немірної довжини, без різьби

**Труба 25 • 3,2 ГОСТ 3262-75;**

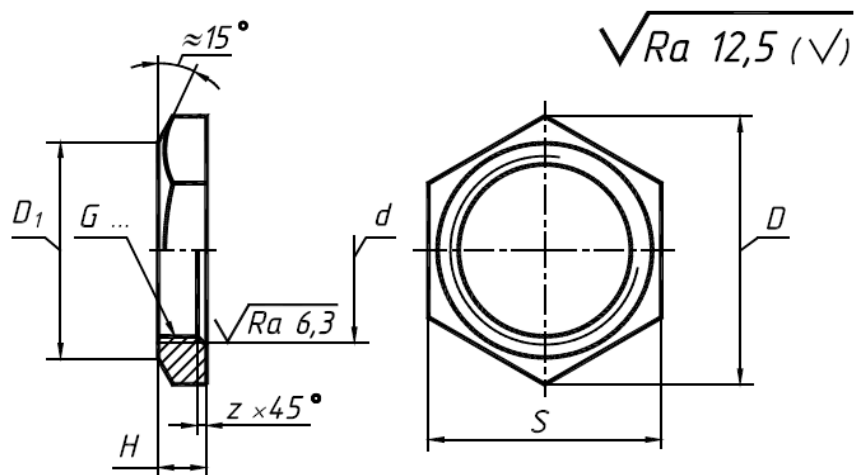
б) те ж з циліндричною різьбою

**Труба Р-25 • 3,2 ГОСТ 3262-75;**

в) труби з цинковим покриттям, немірної довжини, з циліндричною різьбою

**Труба Ц-Р-25 • 3,2 ГОСТ 3262-75.**

Таблиця 2.14 – Контргайки для трубопроводів (ГОСТ 8961-75)



Умовний прохід $D_y$ , мм	Різьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивні розміри, мм				
	Позначення на кресленні	Зовнішній діаметр різьби $d$ , мм	Внутрішній діаметр різьби, мм	$H$	$S$	$D$	$D_1$	$Z$
8	$G \frac{1}{4}$	13,158	11,445	6	22	24,5	20	1,0
10	$G \frac{3}{8}$	16,663	14,950	7	27	31,2	25	1,0
15	$G \frac{1}{2}$	20,956	18,631	8	32	36,9	30	1,6
20	$G \frac{3}{4}$	26,442	24,119	9	36	41,6	33	1,6
25	$G 1$	33,250	30,292	10	46	53,1	43	1,6
32	$G 1 \frac{1}{4}$	41,912	38,954	11	55	63,5	52	1,6
40	$G 1 \frac{1}{2}$	47,805	44,847	12	60	69,3	56	1,6
50	$G 2$	59,616	56,656	13	75	86,5	70	1,6

Приклад умовного позначення контргайок з умовним проходом  $D_y = 40$  мм:

а) без покриття

**Контргайка 40 ГОСТ 8961-75;**

б) з цинковим покриттям

**Контргайка Ц-40 ГОСТ 8961-75.**

## 2.7 Технічні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок і гайок

Технічні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок викладені в **ГОСТ Р 52627-2006**. Технічні вимоги до гайок – **ГОСТ Р 52628-2006**. Болти, гвинти, шпильки і гайки випускаються трьох класів точності: грубий (клас **C**), нормальної точності (клас **B**) і підвищеної точності (клас **A**).

Стандарт встановлює для болтів, гвинтів і шпильок з вуглецевих і легированих сталей класи міцності **3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9**, для гайок – класи міцності **4; 5; 6; 8; 9; 10; 12; 14**. Для болтів, гвинтів і шпильок з корозійностійких, жароміцних і теплостійких сталей за нормальної температури встановлені групи, які характеризують їхню міцність: **21; 22; 23; 24; 25; 26**. Для болтів, гвинтів і шпильок із кольорових сплавів встановлені по їх механічній міцності групи **31; 32; 33; 34; 35; 36**. Марка матеріалу, вживаного для виготовлення болтів, гвинтів, шпильок і гайок, залежно від прийнятого класу міцності вибирається з регламентованих у таблицях 2.19 - 2.21

Таблиця 2.15 – Механічні властивості болтів, гвинтів, шпильок, з вуглецевих і легированих сталей (витяг з ГОСТ Р 52627-2006)

Клас міцності	Марка сталі	Номер стандарту
<b>3.6</b>	<b>Ст3, Ст3кп</b>	<b>ГОСТ 380-2005</b>
	<b>10, 10кп</b>	<b>ГОСТ 10702-78</b>
<b>4.6</b>	<b>20</b>	<b>ГОСТ 1050-88</b>
<b>4.8</b>	<b>10, 10кп</b>	<b>ГОСТ 1050-88</b>
<b>5.6</b>	<b>30, 35</b>	<b>ГОСТ 1050-88</b>
<b>5.8</b>	<b>10*, 10кп *</b>	<b>ГОСТ 10702-78</b>
	<b>20*, 20кп*</b>	<b>ГОСТ 1050-88</b>
<b>6.6</b>	<b>35, 45, 40Г</b>	<b>ГОСТ 1050-88</b>
		<b>ГОСТ 10702-78</b>
		<b>ГОСТ 4543-71</b>
<b>8.8</b>	<b>35Х, 35ХА, 40Г</b>	<b>ГОСТ 4543-71</b>
<b>9.8</b>	<b>40Х**</b>	<b>ГОСТ 4543-71</b>
<b>10.9</b>	<b>30ХГСА, 16ХСН</b>	<b>ГОСТ 4543-71</b>
<b>12.9</b>	<b>35ХГСА</b>	<b>ГОСТ 4543-71</b>
<b>14.9</b>	<b>40ХНМА</b>	<b>ГОСТ 4543-71</b>

\* Застосовується для кріпильних виробів із діаметром різьби до **12 мм** включно.

\*\* Застосовується для кріпильних виробів із діаметром різьби до **16 мм** включно.

Таблиця 2.16 – Механічні властивості болтів, гвинтів, шпильок і гайок із кольорових сплавів

Умовне позначення групи	Марка матеріалу або сплаву	Номер стандарту
<b>31</b>	<b>Амг5, Амг5П</b>	<b>ГОСТ 4784-97</b>
<b>32</b>	<b>ЛС59-1, Л63</b>	<b>ГОСТ 15527-2004</b>
<b>33</b>	<b>ЛС59-1, Л63 антимагнитные</b>	<b>ГОСТ 15527-2004</b>
<b>34</b>	<b>БрАМц 9-2</b>	<b>ГОСТ 18175-78</b>
<b>35</b>	<b>Д1, Д1П, Д16, Д16П</b>	<b>ГОСТ 4784-97</b>



Таблиця 2.17 – Механічні властивості гайок з вуглецевих і легованих сталей (витяг з ГОСТ Р 52628-2006)

Клас міцності	Марка сталі	Номер стандарту
4	Ст3, Ст3кп	ГОСТ 380-2005
	20	ГОСТ 1050-88
5	10, 10кп, 20	ГОСТ 1050-88
6	Ст5	ГОСТ 380-94
	15, 15кп	ГОСТ 1050-94
8; 9	35, 40, 45	ГОСТ 1050-94
10	35Х, 35ХА, 40Г	ГОСТ 4543-71
12	40Х, 30ХГСА, 16ХСН	ГОСТ 4543-71
14	35ХГСА, 40ХНМА	ГОСТ 4543-71

**Покриття** застосовують для підвищення корозійної стійкості поверхні виробів, поліпшення механічних властивостей, а також для надання виробу гарного вигляду. Товщина металевих покриттів (цинк, нікель і інші метали, їхні сплави) вибирається з такого ряду: **1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 35; 40; 45; 50; 60 мкм (ГОСТ 9.306-85)**. Товщина покриття **1 мкм** і менше в позначенні не вказується. Товщина захисного покриття кріпильних виробів, виготовлених із вуглецевих і середньолегованих сталей, вибирають із **ГОСТ 9.303-84** залежно від кроку різьби.

Таблиця 2.18 – Марки матеріалів для шайб і їхні умовні позначення (ГОСТ 18123-82)

Матеріал			
Вид	Марка	Номер стандарту	Умовне позначення марки (групи)
Вуглецеві сталі	08, 08кп, 10, 10кп	ГОСТ 1050-88	01
	Ст3, Ст3кп	ГОСТ 380-2005	02
	15	ГОСТ 1050-88	03
	20		04
	35		05
	45		06
Леговані сталі	40Х	ГОСТ 4543-71	11
Корозійностійкі сталі	12Х18Н10Т	ГОСТ 5632-72	21
	20 Х13		22
Латуні	Л63	ГОСТ 15527-70	32
	Л59-1		
	Л63 антимагнітна		33
Бронза	БрАМц9-2	ГОСТ 18175-78	34
Мідь	М3	ГОСТ 859-2001	38
Алюмінієві сплави	АМг5	ГОСТ 4784-97	31
	Д1		35
	АД1		37

Таблиця 2.19 – Види і умовні позначення покриттів болтів, гвинтів, шпильок і гайок

Види покриттів	Умовне позначення покриттів	
	Літерне ГОСТ 9.306-85	Цифрове ГОСТ 1759.0-87
Цинкове, хроматоване	Ц. хр	01
Кадмієве, хроматоване	КД. Хр	02
Багатошарове: мідь-нікель	М. Н	03
Багатошарове: мідь-нікель-хром	М, Н, Х, б	04
Окисне, просочене маслом	Хим. Окс. прм	05
Фосфатне, просочене маслом	Хим. Фос. прм	06
Олов'яне	О	07
Мідне	М	08
Цинкове	Ц	09
Окисне, заповнене хроматами	Ан. Окс.нхр	10
Окисне з кислих розчинів	Хим. Пас	11
Срібне	СР	12
Никелеве	Н	13

Товщина захисного покриття кріпильних виробів, виготовлених із вуглецевих і середньолегованих сталей, вибирається з **ГОСТ 9.303-84**, при кроці різьби до **0,45 мм** мінімальна товщина покриття **3 мкм**;

від **0,5** до **0,75 мм** – **6 мкм**;

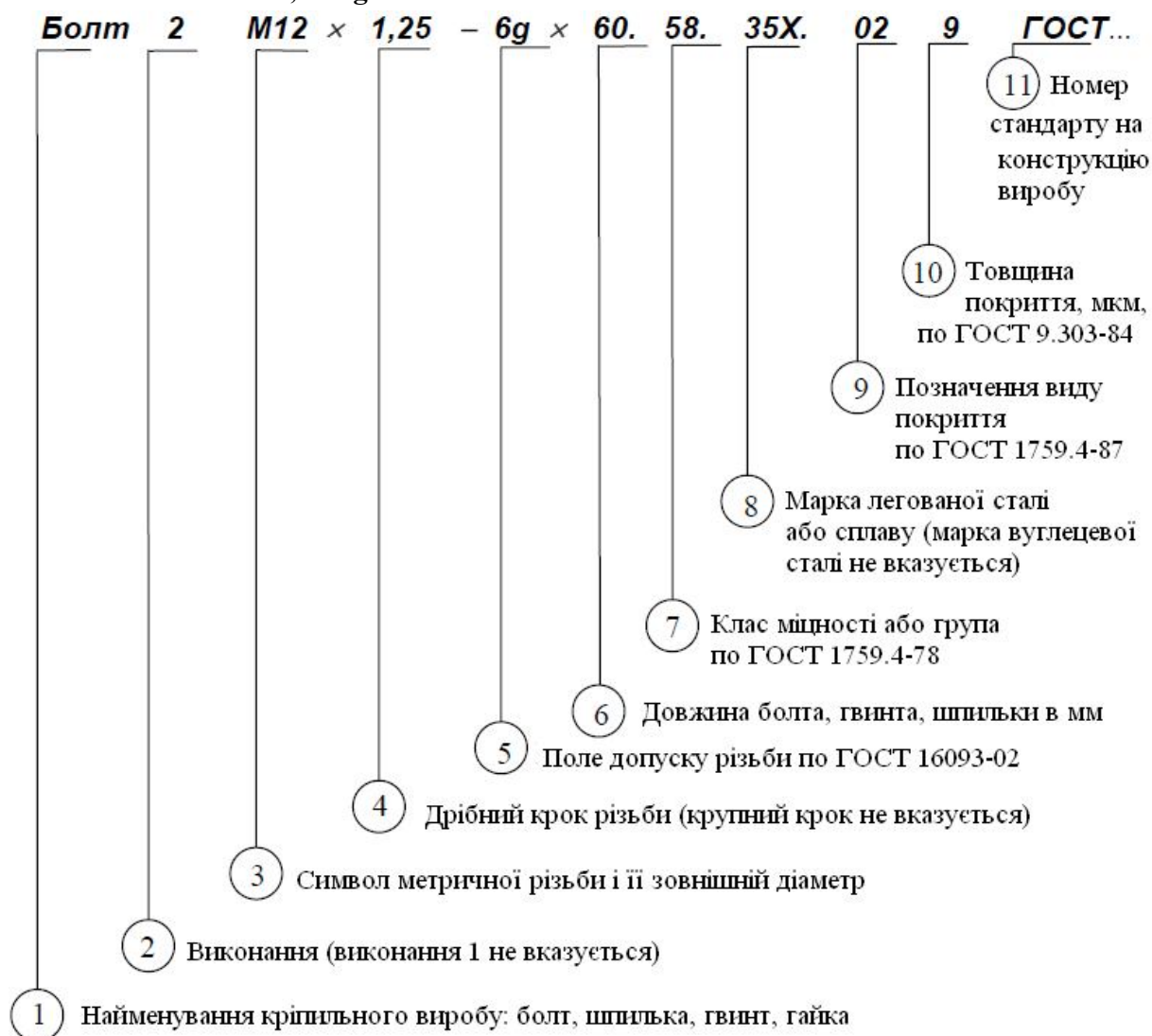
від **0,8** до **1,25 мм** – **9 мкм**;

від **1,5** до **2,5 мм** – **12 мкм**.

## 2.8 Умовні позначення болтів, гвинтів, шпильок і гайок

Болти, гвинти, шпильки і гайки з вуглецевих і легованих сталей і сплавів і виробу з кольорових сплавів потрібно позначити за такою схемою:

**Болт 2М12 • 1,25-6g • 60.58.35Х.029 ГОСТ...**



Примітки:

1. Клас міцності в позначенні пишеться без крапки, що розділяє цифри, наприклад, замість **5.8** пишуть **58**.
2. Між позиціями **1** і **2**, **2** і **3**, **10** і **11** залишаються проміжки, що дорівнюють ширині прописної літери певного розміру шрифту.
3. Між позиціями **3** і **4** ставиться знак множення (**•**).
4. Між позиціями **4** і **5** ставиться тире (дефіс).
5. Між позиціями **5** і **6** ставиться знак множення (**•**).
6. В гайок параметр **6** відсутній.
7. Між позиціями **6** і **7**, **7** і **8**, **8** і **9** посередині проміжків ставляться чіткі крапки.

## 2.9 Умовне позначення шайб (згідно з ГОСТ 18123-82)

Шайби потрібно позначати за такою схемою:

**Шайба 2.12.02.СтЗкп.019 ГОСТ 11371-78**



Приклади умовних позначень шайб:

1. Шайба виконання **1**, для кріпильного виробу з діаметром різьби **12 мм**, із сталі марки **15**, покриття **01**, товщиною **9 мкм**:

**Шайба 12.03.019 ГОСТ 11371-78.**

Те саме зі сталі марки Ст 3 кп:

**Шайба 12.02.СтЗкп.019 ГОСТ 11371-78.**

2. Те саме виконання **2**:

**Шайба 2.12.03.019 ГОСТ 11371-78.**

**Шайба 2.12.02.СтЗкп.019 ГОСТ 11371-78.**

Примітка. Марки матеріалів для шайб і їхні умовні позначення вибирають за таблицею 2.18, види покриттів і їхні умовні позначення вибирають за таблицею 2.19, а товщину покриття за **ГОСТ 9.303-84**.

### 3 З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кожна машина складається з окремих деталей, сполучених одна з одною непорушно або у відносному русі. Під з'єднанням потрібно розуміти закріплення двох або більше за деталей в певній послідовності для виконання спільних дій.

З'єднання деталей машин можуть бути **роз'ємними** і **нероз'ємними**. **Роз'ємними** називаються з'єднання, які розбираються без порушення цілісності деталей і засобів з'єднання. Роз'ємні з'єднання підрозділяють на два види:

а) **нерухомі**, у яких виключається відносне переміщення деталей (болтове і шпилькове з'єднання, з'єднання за допомогою гвинтів, фітингів та ін., рис. 3.1);

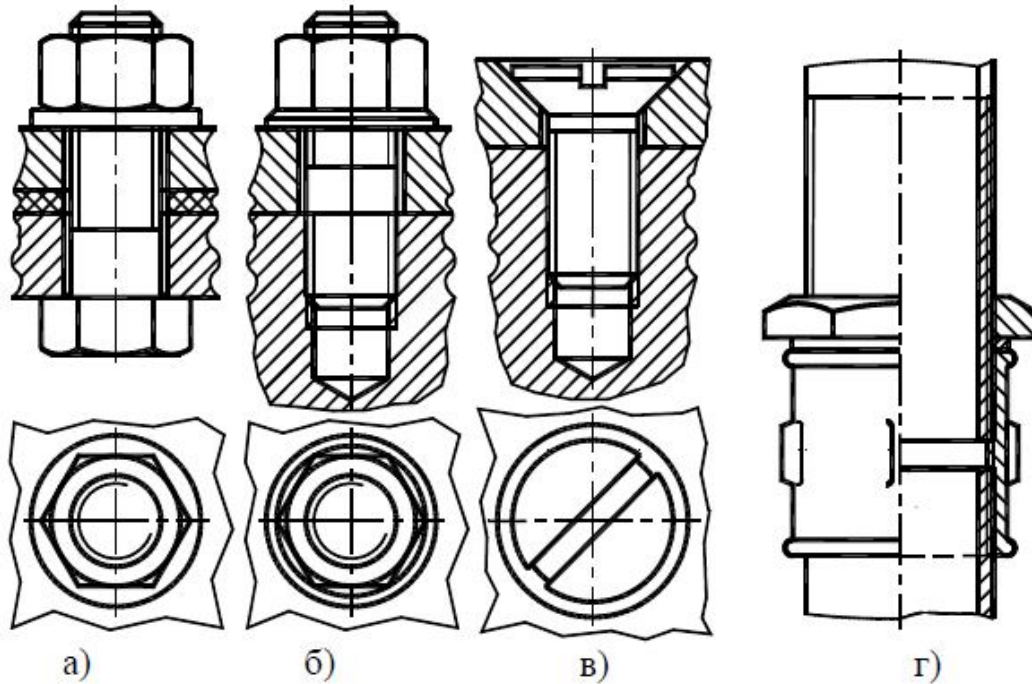


Рисунок 3.1 – З'єднання різьбові

б) **рухомі**, які допускають відносне переміщення деталей, у якому або одному напрямі (з'єднання шпоночні і шліцьові, рис. 3.2).

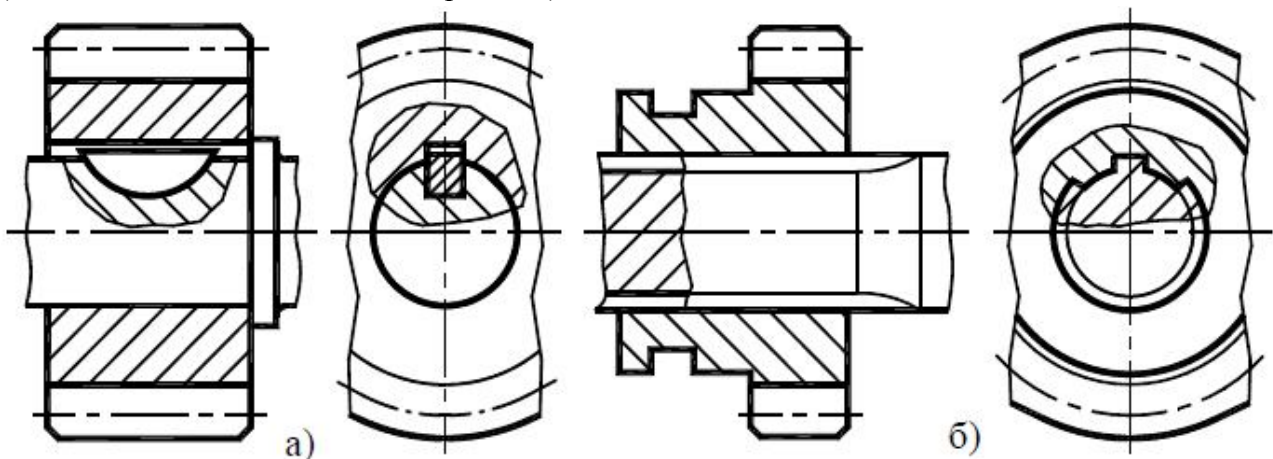


Рисунок 3.2 – З'єднання шпоночні та шліцьові

### 3.1 Роз'ємні з'єднання деталей машин

#### 3.1.1 З'єднання різьбовими кріпильними деталями

Засобами з'єднання деталей в роз'ємних нерухомих з'єднаннях є **кріпильні різьбові вироби**: болти, шпильки, гайки, гвинти і фітинги.

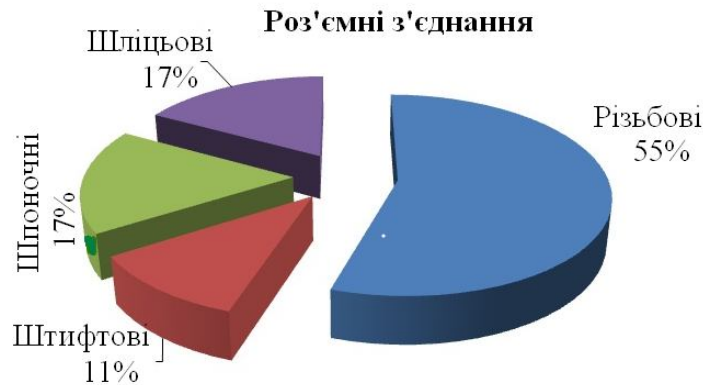


Рисунок 3.3 – Роз'ємні з'єднання

Аналіз використання роз'ємних з'єднань які використовуються в машино- і приладобудуванні показаний на діаграмі (рис. 3.3) застосування роз'ємних з'єднань [11].

##### 3.1.1.1 З'єднання болтом

З'єднання двох або більше деталей за допомогою болта, гайки і шайби називається болтовим з'єднанням (рис. 3.4, а). Для проходу болта, деталі, які скріплюються, мають гладкі, тобто без різьби, співосні циліндричні отвори більшого діаметра, ніж діаметр болта, (табл. 3.1). На кінець болта, який виступає з деталей, що скріплюються, надівається шайба і нагвинчується гайка.

При викреслюванні болтового з'єднання конструктивні розміри болта, гайки і шайби беруться з відповідних стандартів (див. табл. 2.5, 2.8, 2.15). Для визначення довжини  $L$  болта необхідно скласти складальний розмірний ланцюг. Розмірним ланцюгом називається сукупність взаємозв'язаних розмірів, яку можна виразити графічно у вигляді замкнутого контуру, утвореного розмірами довжини, або аналітично – у вигляді алгебраїчної суми величин, що дорівнює нулю.

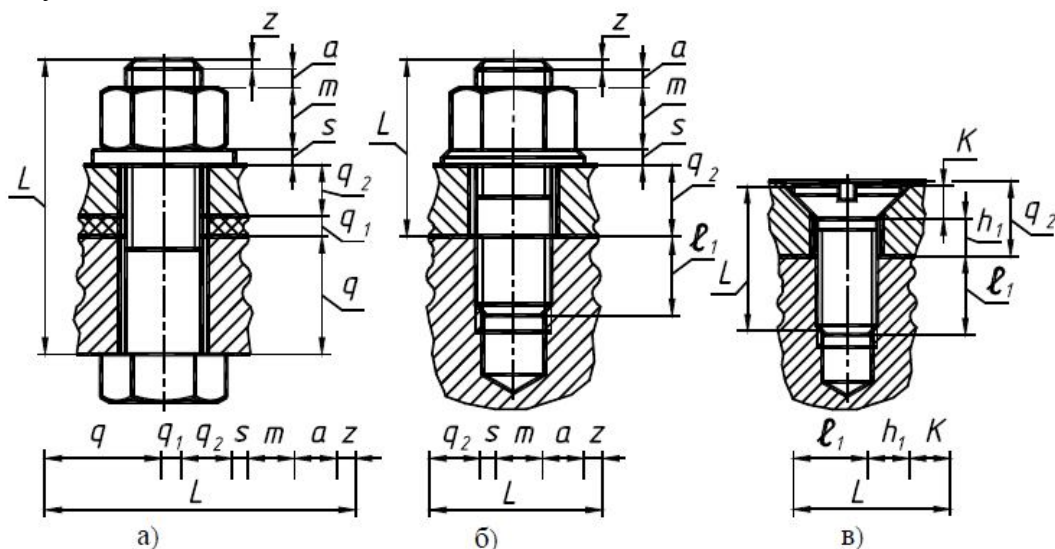


Рисунок 3.4 – Складальні розмірні ланцюги

Складальний розмірний ланцюг встановлює розмірні зв'язки між елементами деталей певної складальної одиниці. На рисунку 3.4, а показаний складальний розмірний ланцюг, який виражає розмірні зв'язки болтового з'єднання. Цей розмірний ланцюг дозволяє визначити довжину  $L$  болта, забезпечивши необхідний запас різьби при виході кінця болта з гайки, (розмір  $a$ ).

Аналітично цей розмірний ланцюг може бути представлений рівнянням

$$L = q + q_1 + q_2 + s + m + a + z, \quad (3.1)$$

де  $q$ ,  $q_1$ , і  $q_2$  – товщина деталей, які з'єднуються;

$s$  – товщина шайби;

$m$  – висота гайки;

$a$  – запас різьблення при виході болта з гайки;

$z$  – висота фаски болта.

Величини  $q$ ,  $q_1$ , і  $q_2$ , відомі,  $s$  і  $m$  наведені у відповідних стандартах,  $z$  і  $a$  вибираються з таблиці. 24. Отриманий розмір округляється до найближчого розміру довжини болта за таблицею 3.5 (ГОСТ 7798-70). За тією самою таблицею визначається довжина різьби  $b$ .

### 3.1.1.2 З'єднання шпилькою

З'єднання двох або більшої кількості деталей здійснюється за допомогою шпильки, гайки і шайби (рис. 3.14, б). Його використовують замість болтового, коли виготовляти наскрізний отвір в одній з деталей, які з'єднуються, недоцільно через значну її товщину або відсутність місця для голівки болта. Довжину  $l_1$ , угвинчуваного (посадочного) кінця шпильки вибирають залежно від матеріалу деталі (див. табл. 2.7). Спочатку отвір під шпильку висвердлюють, потім роблять фаску, після чого нарізують різьбу (гніздо під шпильку). На гайковий (стяжний) кінець шпильки надіваються інші, що скріплюються з першою, деталі, які мають гладкі співосні циліндричні отвори більшого діаметра (ГОСТ 11284-75), ніж діаметр шпильки (див. табл. 2.6). На кінець шпильки, що виступає з деталей, які скріплюються, надівається шайба і нагвинчується гайка.

При викреслюванні з'єднання шпилькою конструктивні розміри шпильки, гайки і шайби беруться з відповідних стандартів (див. табл. 2.6, 2.8, 2.15). Під час вибору шпильки необхідно звернути увагу на те, що довжина  $l_1$ , угвинчуваного (посадочного) кінця залежить від матеріалу деталі, у яку вона угвинчується, (див. табл. 2.7):

1)  $l_1 = d$  для сталевих, бронзових, латунних деталей і деталей з титанових сплавів (ГОСТ 22032-76);

2)  $l_1 = 1,25d$  для деталей з ковкого і сірого чавуну (ГОСТ 22034-76);

3)  $l_1 = 2d$  для деталей з алюмінієвих і магнієвих сплавів (ГОСТ 22038-76) ( $d$  зовнішній діаметр різьби шпильки).

Для визначення довжини гайкового кінця шпильки необхідно скласти складальний розмірний ланцюг. На рисунку 3.14, б показаний складальний розмірний ланцюг, який виражає розмірні зв'язки з'єднання шпилькою. Цей розмірний ланцюг дозволяє визначити довжину гайкового кінця шпильки, забезпечивши необхідний запас різьби при виході кінця шпильки з гайки, (розмір  $a$ ). Аналітично цей розмірний ланцюг може бути представлений рівнянням

$$L = q_2 + s + m + a + z, \quad (3.2)$$



де  $q_2$  – товщина приєднуваної деталі;

$s$  – товщина шайби;

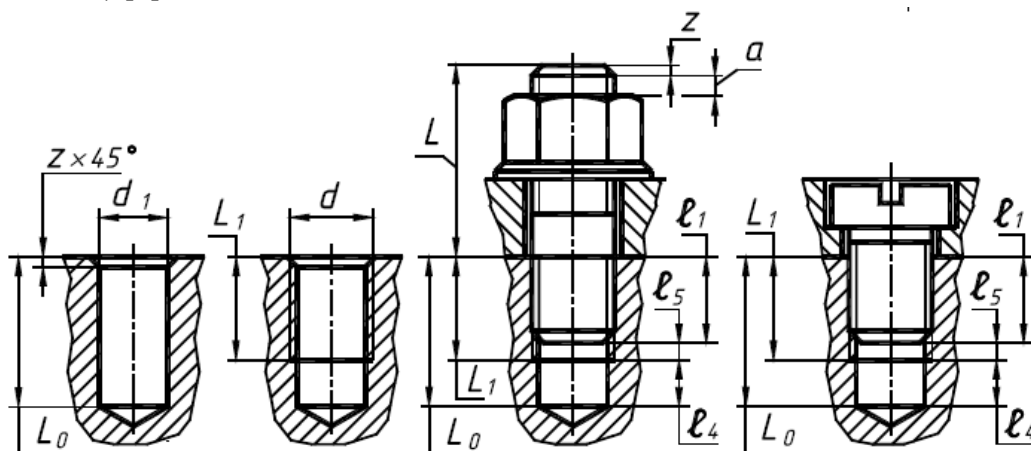
$m$  – висота гайки;

$a$  – запас різьби при виході шпильки з гайки;

$z$  – висота фаски шпильки.

Величина  $q_2$  відома,  $s$  і  $m$  наведені у відповідних стандартах,  $z$  і  $a$  вибираються за таблицею 3.1. Отриманий розмір  $L$  округляється до найближчого розміру довжини гайкового (стяжного) кінця шпильки за таблицею 3.3. За цією саме таблицею визначається довжина  $L_0$ , нарізаної частини шпильки під гайку. Глибина  $L_0$  свердленого під різьбу отвору і довжина  $L_1$ , різьби підраховуються за даними таблиці 3.1. Діаметри отворів під нарізування метричної різьби вибираються за даними таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Вихід і запаси різьби, недорізи, фаски для метричних різьб, мм (ГОСТ 10549-80) [6].



Крок різьби, $P$	Запас різьби, $\ell_5$	Недоріз, $\ell_4$		Запас різьби, $a$	Фаска $z$
		нормальний	короткий		
0,45	1,2	2,0	1,8	1,0	0,3
0,5	1,5	3,0	2,0	1,0	0,5
0,7	2,0	3,5	2,5	1,5	0,5
0,8	2,5	4,0	2,5	2,0	1,0
1,00	3,0	6,0	4,0	2,0	1,0
1,25	3,5	8,0	4,0	2,5	1,6
1,50	4,0	9,0	4,0	3,0	1,6
1,75	5,0	11,0	5,0	3,5	1,6
2,00	5,5	11,0	5,0	4,0	2,0
2,50	7,0	12,0	6,0	5,0	2,5
3,00	8,5	15,0	7,0	6,0	2,5
3,50	10,0	17,0	8,0	7,0	2,5

Примітки:

1. Діаметр  $d_1$ , отвору під різьбу вибирають з таблиці 3.2.

2. Недорізом ( $\ell_4$ ) називається сума розмірів збігу і недоводу.

3. Недоводом різьби називається величина не нарізаної частини деталі між кінцем збігу і опорною поверхнею деталі.

Таблиця 3.2 – Діаметри отворів під нарізування метричної різьби з крупним кроком (ГОСТ 19257-73)

Номинальний діаметр різьби $d$ , мм	Крок різьби $P$ , мм	Номинальний діаметр $d_1$ отвору під різьбу з полем допуску	
		<b>5H; 6H; 7H</b>	<b>6G; 7G</b>
2,5	0,45	2,01	2,02
3	0,50	2,46	2,50
4	0,70	3,24	3,29
5	0,80	4,13	4,18
6	1,00	4,95	5,00
8	1,25	6,70	6,75
10	1,50	8,43	8,50
12	1,75	10,20	10,25
14	2,00	11,90	11,95
16	2,00	13,90	13,95
18	2,50	15,35	15,40
20	2,50	17,35	17,40
22	2,50	19,35	19,40
24	3,00	20,85	20,90
27	3,00	23,85	23,90

### 3.1.1.3 З'єднання за допомогою кріпильних гвинтів

За допомогою кріпильних гвинтів можна скріплювати дві і більше деталей. Для цього в останній з них робиться різьбовий отвір, а в інших – гладкі співосні отвори діаметром, більшим, ніж діаметр гвинта. Гвинт вільно проходить через гладкі отвори деталей, які скріплюються, і угвинчується в різьбовий отвір останньої з них, (рис. 3.15, в). Глибина  $\ell_1$ , вгвинчування гвинта залежить від матеріалу деталі і приймається такою що дорівнює **1d** для сталі, бронзи і латуні, **1,25d** – для ковкого і сірого чавуну і **2d** – для легких сплавів, (**d** – зовнішній діаметр різьби гвинта).

У першій з деталей, які скріплюються, робиться конічне зенкування (поглиблення під голівку) для гвинтів з напівпотайною і потайною голівками, (рис. 3.15, в), або циліндрична – для гвинтів з циліндричною голівкою. Для підрахунку довжини гвинта необхідно скласти складальний розмірний ланцюг, (рис. 3.17 в). Отриманий в результаті підрахунку розмір округляється до найближчого розміру довжини гвинта за таблицею відповідного стандарту, (див. табл. 3.14). За цією саме таблицею визначається довжина нарізаної частини гвинта. Складаючи розмірний ланцюг, необхідно звернути увагу на те, що у гвинтів з потайною і напівпотайною голівками потайна частина її включається в довжину гвинта. При викреслюванні з'єднання деталей за допомогою гвинтів конструктивні розміри гвинтів беруть з відповідного стандарту, (див. табл. 3.9...3.13).

Шліци голівок гвинтів на складальних кресленнях, на видах зверху (або зліва), зображуються під кутом **45°** до рамки креслення (рис. 15, в) відповідно до ГОСТ 2.315-68. Діаметри отворів у деталях, що скріплюються, для проходу гвинтів вибирають з таблиці 3.3.

Розміри зенкувань під гвинти з напівпотайною, потайною і циліндричною голівками наведені в таблиці 3.27.

Фаски, запаси різьблення, виходи кінця болтів і шпильок з гайки наведені в таблиці 3.24.

Таблиця 3.3 – Отвори крізні під кріпильні деталі (ГОСТ 11284-75)

Діаметри стрижнів кріпильних деталей, d, мм	Діаметри наскрізних отворів, d <sub>1</sub> , мм	
	1-й ряд	2-й ряд
2,5	2,7	2,9
3,0	3,2	3,4
4,0	4,3	4,5
5,0	5,3	5,5
6,0	6,4	6,6
8,0	8,4	9,0
10,0	10,5	11,0
12,0	13,0	14,0
14,0	15,0	16,0
16,0	17,0	18,0
18,0	19,0	20,0
20,0	21,0	22,0
22,0	23,0	24,0
24,0	25,0	26,0
27,0	28,0	29,0

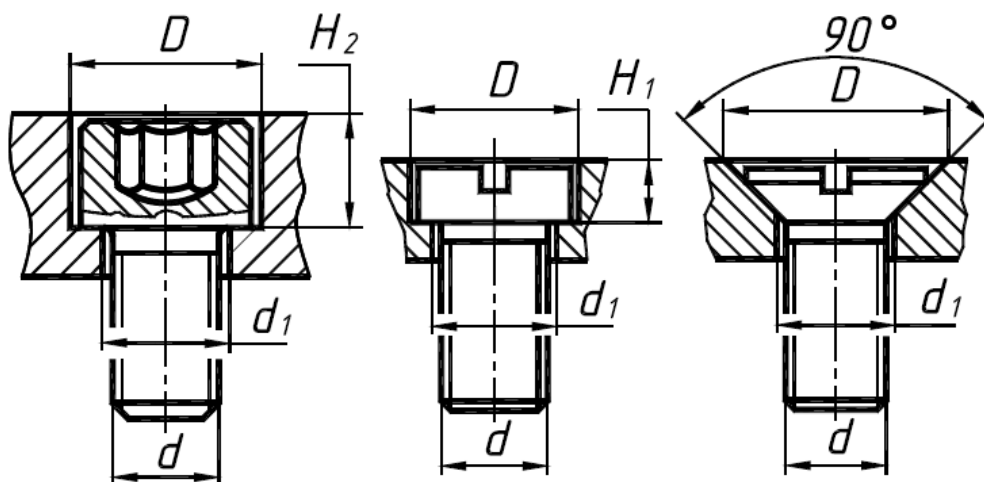
Примітка. Наскрізні отвори по 1-му ряду застосовують при точній збірці, по 2-му ряду – при грубій збірці.

#### 3.1.1.4 З'єднання труб

З'єднання водо- і газопровідних труб робиться за допомогою з'єднувальних різьбових частин – фітингів (косинців, трійників, муфт і т. п., рис. 3.15, г).

При викреслюванні з'єднання труб муфтою конструктивні розміри труб, муфти і контргайки беруться з відповідних стандартів, (див. табл. 3.16 – 3.18). На одній трубі довжина різьби з боку муфти має бути **L1** на іншій – **L2**. Кожна з труб угвинчується в муфту на величину **L1**. Контргайка нагвинчується на трубу з боку довшої різьби (**L2**) і слугує для стопоріння муфти.

Таблиця 3.4 – Зенкування під голівки гвинтів (ГОСТ 12876-77)



Номинальний діаметр різби, $d$ , мм	Гвинти з циліндричною голівкою з шліцом під викрутку, а також з шестиграним поглибленням "під ключ"				Гвинти з потайною і напівпотайною голівкою
	$D$ , мм		$H_1$ , мм	$H_2$ , мм	$D$ , мм
	1-й ряд*	2-й ряд**			
2,5	5,0		1,7	—	5,6
3	6,5		2,0	—	6,5
4	8,0		2,8	—	8,3
5	10		3,5	—	10,3
6	11	12	4,7	6,8	12,3
8	14	15	6,0	9	16,5
10	17	18	7,0	11	20,0
12	19	20	8,0	13	24,0
14	22	24	9,0	15	28,0
16	26	28	10	17	31,0
18	28	30	11	19	35,0
20	32	34	12	21	39,0

\*Застосовують при наскрізних отворах по 1-му ряду (точна збірка).

\*\*Застосовують при наскрізних отворах по 2-му ряду (груба збірка).

### 3.1.2 З'єднання шпонками

З'єднання шпонками і зубчасті (шліцьові) належать до рухливих роз'ємних з'єднань. Сполучною ланкою в з'єднаннях шпонкою є деталь, звана шпонкою. Найбільшого поширення шпонки набули для з'єднання деталей (шківів, зубчастих коліс, маховиків і тому подібне), які обертаються, з валами. Для виконання з'єднання шпонкою на валу (рис. 3.16, а) фрезерують паз під шпонку, такий самі паз роблять в отворі насадженої на вал деталі. Шпонка одночасно входить в ці пази і сполучає вал із деталлю, наприклад із зубчастим колесом, забезпечуючи передачу крутного моменту.

Застосовують різні типи шпонок: **призматичні**, **сегментні** і **клинові**. У цьому посібнику клинові шпонки не розглядаються. Найбільш поширені призматичні шпонки, які виготовляють у трьох виконаннях (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Призматичні шпонки

Сегментні шпонки допускається виготовляти в двох виконаннях (рис. 3.6).

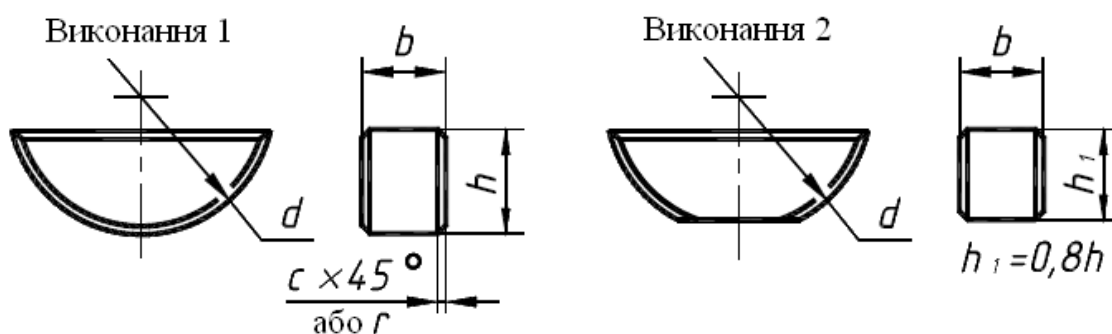


Рисунок 3.6 – Сегментні шпонки

Розміри шпонок і пазів для них стандартизовані і залежать від діаметра валу. Знаючи діаметр валу, за таблицею 3.28 можна визначити розміри призматичних шпонок і пазів для них (ГОСТ 23360-78), а за таблицею 3.29 – розміри сегментних шпонок (ГОСТ 24071-97).

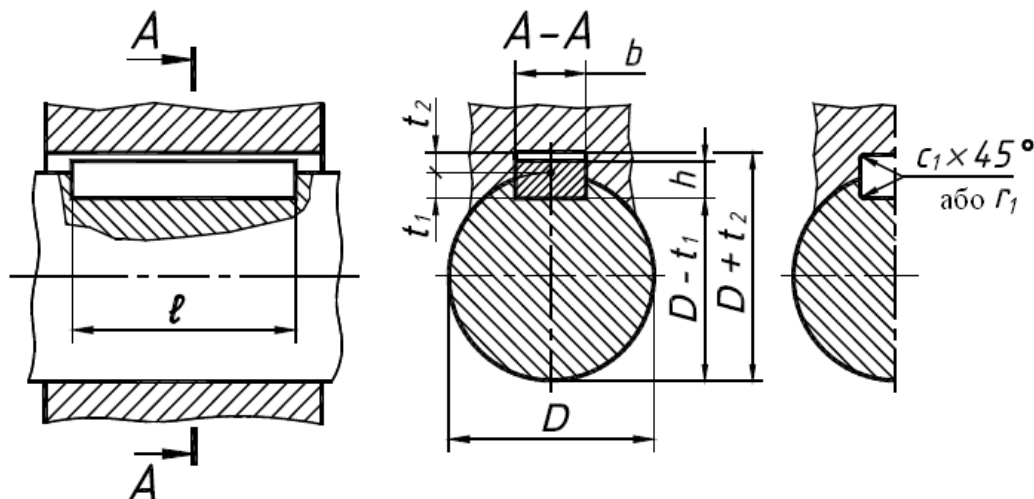


Рисунок 3.7 – З'єднання призматичною шпонкою: **D** – діаметр валу, **b** – ширина шпонки, **h** – висота шпонки, **t<sub>1</sub>** – глибина паза у валу, **t<sub>2</sub>** – глибина паза у втулці  
**ℓ** – довжина шпонки, **c<sub>1</sub>** або **r<sub>1</sub>** – фаски або радіуси скруглень пазів

Таблиця 3.5 – Розміри призматичних шпонок і пазів, мм (ГОСТ 23360-78)

Діаметр валу $D$	Шпонка			Шпоночний паз		
	$b$	$h$	$c$ або $r$	вал $t_1$	втулка $t_2$	$c$ або $r$
Зв. 6 до 8	2	2	0,16...0,25	1,2	1,0	0,008...0,16
Зв. 8 до 10	3	3		1,8	1,4	
Зв. 10 до 12	4	4		2,5	1,8	
Зв. 12 до 17	5	5	0,25...0,4	3,0	2,3	0,16...0,25
Зв. 17 до 22	6	6		3,5	2,8	
Зв. 22 до 30	8	7		4,0	3,3	
Зв. 30 до 38	10	8	0,4...0,6	5,0	3,3	0,25...0,4
Зв. 38 до 44	12	8		5,0	3,3	
Зв. 44 до 50	14	9		5,5	3,8	
Зв. 50 до 58	16	10		6,0	4,3	
Зв. 58 до 65	18	11		7,0	4,4	

Довжини шпонок повинні вибиратися з ряду: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63.

Приклади умовного позначення:

1) призматична шпонка виконання 1 для валу діаметром  $d = 25$  мм, з розмірами  $b = 8$  мм,  $h = 7$  мм  $\ell = 22$  мм:

**Шпонка 8 • 7 • 22 ГОСТ 23360-78;**

2) те саме виконання 2:

**Шпонка 2-8 • 7 • 22 ГОСТ 23360-78.**

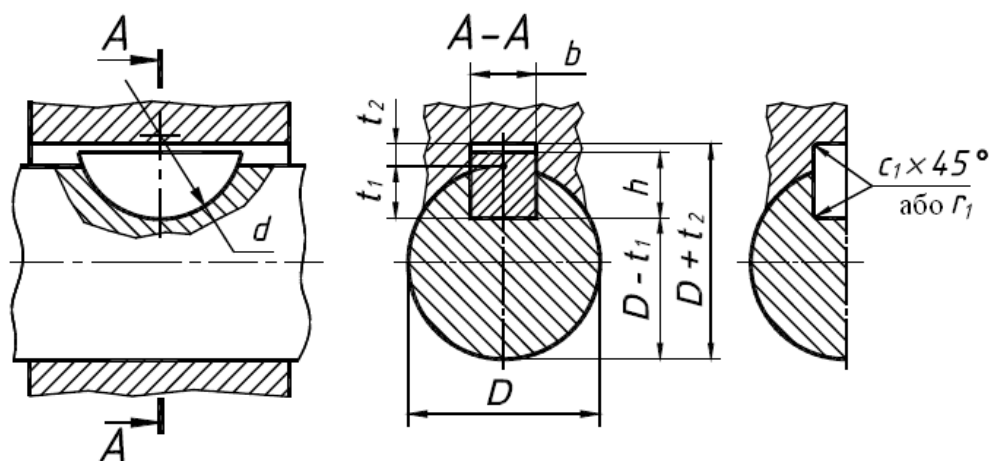


Рисунок 3.8 – З'єднання сегментною шпонкою:  $D$  – діаметр валу,  $b$  – ширина шпонки,  $h$  – висота шпонки,  $t_1$  – глибина паза у валу,  $t_2$  – глибина паза у втулці,  $d$  – діаметр шпонки,  $c_1$  або  $r_1$  – фаски або радіуси скруглень пазів



Таблиця 3.6 – Розміри сегментних шпонок і пазів, мм (ГОСТ 24071-97)

Діаметр валу <i>D</i>	Шпонка *				Шпоночний паз		
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>c</i> або <i>r</i>	вал <i>t<sub>1</sub></i>	втулка <i>t<sub>2</sub></i>	<i>c<sub>1</sub></i> або <i>r<sub>1</sub></i>
Зв. 6 до 7	2,0	3,7	10	0,16...0,25	2,9	1,0	0,008...0,16
Зв. 7 до 8	2,5	3,7	10		2,7	1,2	
Зв. 8 до 10	3	5	13		3,8	1,4	
Зв. 10 до 12	3	6,5	16		5,3	1,4	
Зв. 12 до 14	4	6,5	16	0,25...0,4	5,0	1,8	0,16...0,25
Зв. 14 до 16	4	7,5	19		6,0	1,8	
Зв. 16 до 18	5	6,5	16		4,5	2,3	
Зв. 18 до 20	5	7,5	19		5,5	2,3	
Зв. 20 до 22	5	9	22		7,0	2,3	
Зв. 22 до 25	6	9	22		6,5	2,8	
Зв. 25 до 28	6	10	25		7,5	2,8	
Зв. 28 до 32	8	11	28	0,4...0,6	8,0	3,3	0,25...0,4
Зв. 32 до 38	10	13	32		10	3,3	

\* Шпонки призначені для передачі крутильного моменту.

Приклади умовного позначення:

1) сегментна шпонка виконання 1 для валу діаметром **d = 30 мм**:

**Шпонка 8 • 11 ГОСТ 24071-97;**

2) те саме виконання 2:

**Шпонка 2-8 • 11 ГОСТ 24071-97;**

Приклади проставлення розмірів на валах з пазами шпон наведені на рисунку 3.9.



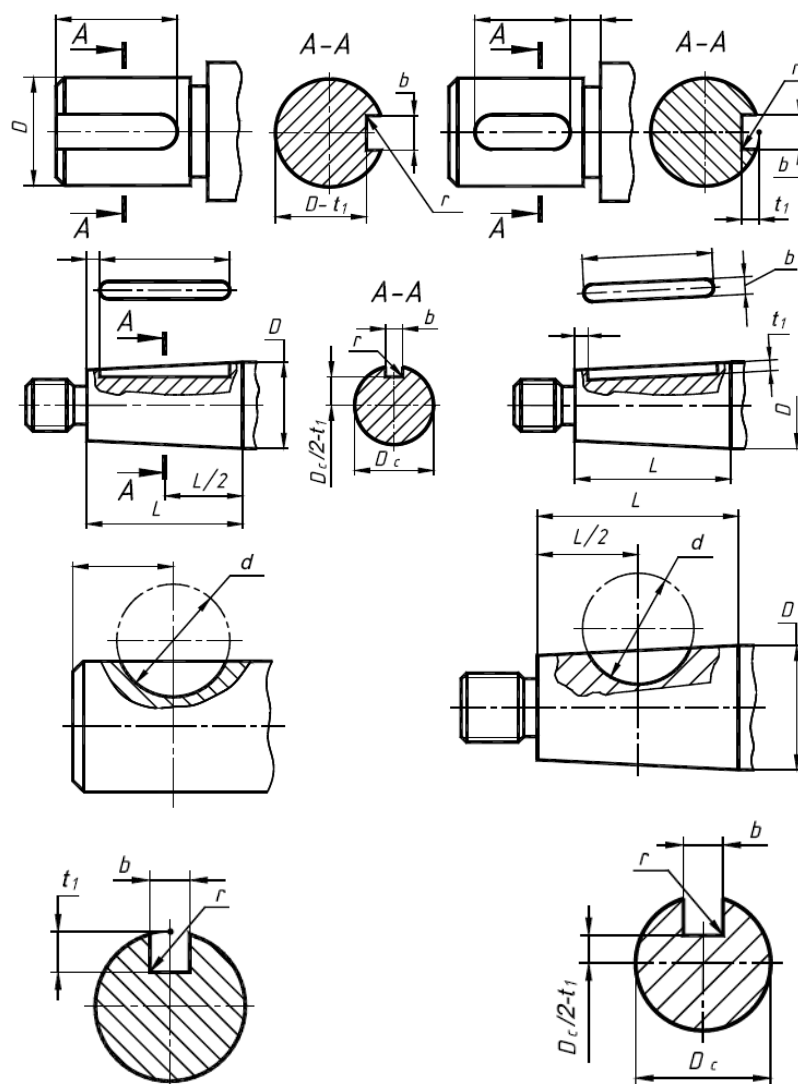


Рисунок 3.9 – Проставлення розмірів на валах із шпоночними пазами

На кресленні деталі з циліндричним отвором і шпоночним пазом задають розмір  $D + t_2$ , (рис. 3.9, а). Глибину паза у втулці ( $t_2$ ), ширину паза ( $b$ ) і радіус скруглення ( $r$ ) приймають за таблицею 3.6 для призматичних шпонок, або за таблицею 3.7 для сегментних шпонок.

На кресленні деталі з конічним отвором задають розмір  $D + t'_2$ , (рис. 3.9, б), який обчислюють за формулою:

$$D + t'_2 = D_{cp} + t_2 - 0,02 \ell, \quad (3.3)$$

де розмір  $t_2$  приймають для діаметра  $D_{cp}$  за таблицею 3.6.

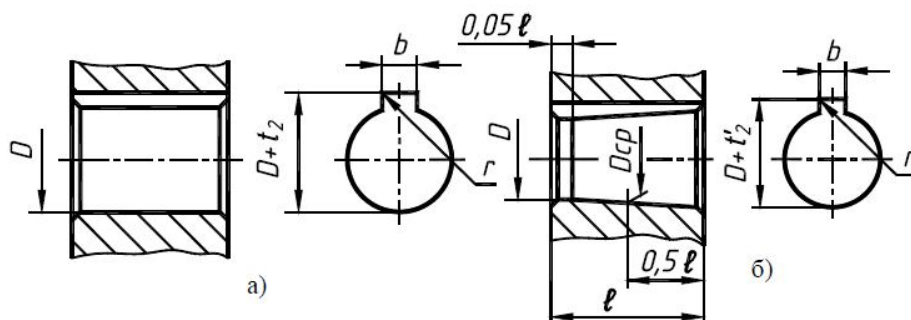


Рисунок 3.10 – Отвори із шпоночним пазом

На рисунку 3.11 наведений приклад проставлення розмірів на кресленні циліндричного зубчастого колеса з конічним отвором.

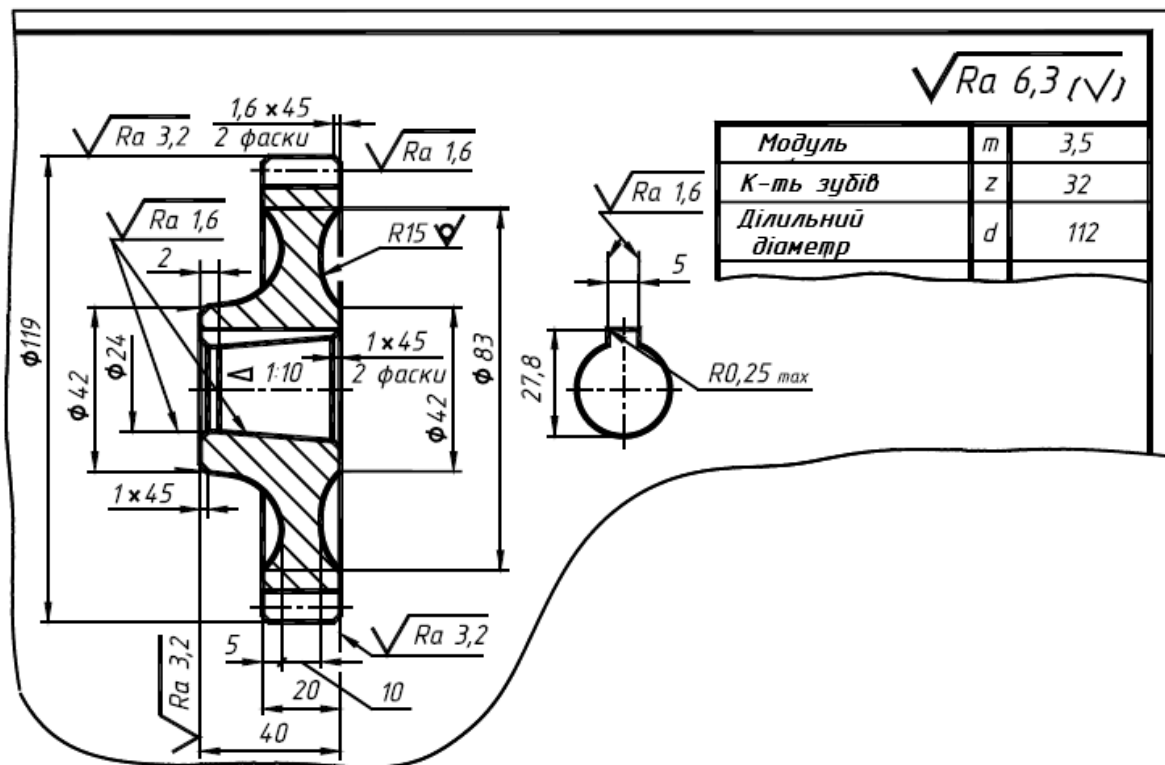
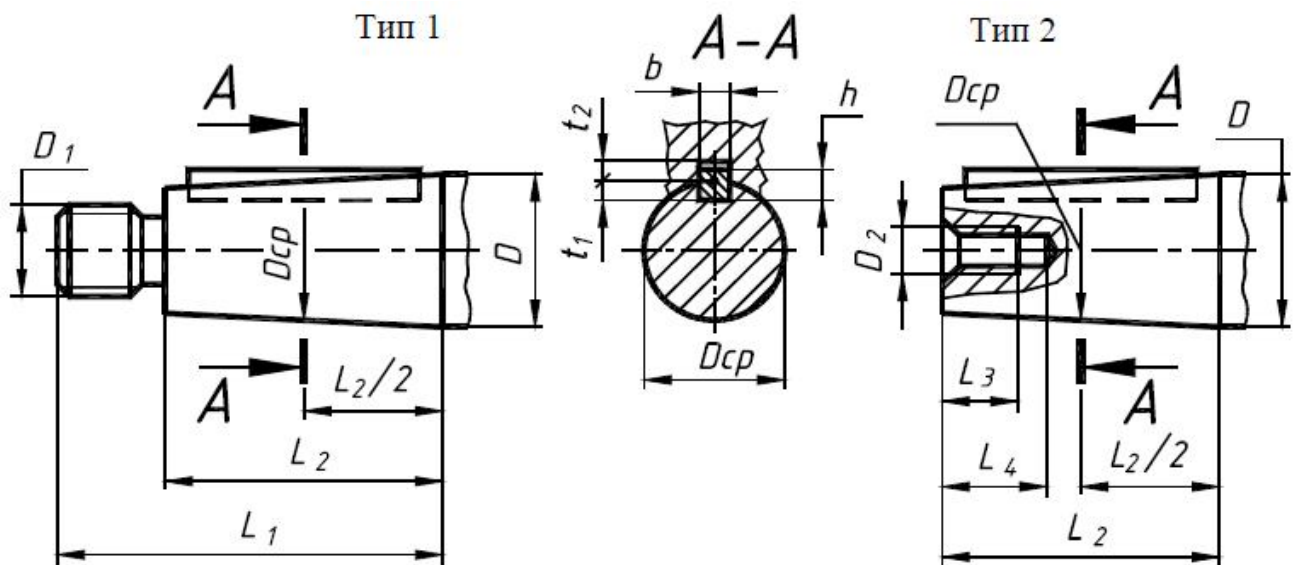


Рисунок 3.11 – Проставлення розмірів на кресленні зубчастого колеса

Таблиця 3.7 – Конічні кінці валів із конусністю 1:10 (ГОСТ 12081-72)



Продовження таблиці 3.7

Номинальний діаметр $D$	$L_1$	$L_2$	$D_{cp}$	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	$D_1$	$D_2$	$L_3$	$L_4$
16 18	40	28	14,6 16,6	3 4	3 4	1,8 2,5	1,4 1,8	M10×1,25	M4 M5	7,0 8,0	8,5 9,3
20 22 24	50	36	18,2 20,2 22,2	4 4 5	4 4 5	2,5 2,5 3,0	1,8 1,8 2,3	M12×1,25	M6	9,0	11,3
25 28	60	42	22,9 25,9	5	5	3,0	2,3	M16×1,5	M8	14,0	15,7
30 32 35 36 38	80	58	27,1 29,1 32,1 33,1 35,1	5 6 6 6 6	5 6 6 6 6	3,0 3,5 3,5 3,5 3,5	2,3 2,8 2,8 2,8 2,8	M20×1,5 M20×1,5 M20×1,5 M20×1,5 M24×2,0	M10 M10 M12 M12 M12	17,0 17,0 20,0 20,0 20,0	19,0 19,0 22,3 22,3 22,3
40 45	110	82	35,9 40,9	10 12	8 8	5,0 5,0	3,3 3,3	M24×2 M30×2	M12 M16	20,0 26,0	22,3 28,5
50 56	110	82	45,9 51,9	12 14	8 9	5,0 5,5	3,3 3,8	M36×3 M36×3	M16 M20	26,0 32,0	28,5 35,0
63 71	140	105	57,75 65,75	16 18	10 11	6,0 7,0	4,3 4,4	M42×3 M48×3	M20 M24	32,0 36,0	35,0 39,3
80 90	170	130	73,5 83,5	20 22	12 14	7,5 9,0	4,9 5,4	M56×4 M64×4	M30	44,0	47,9

## 3.1.3 Зубчасті (шліцьові) з'єднання

З'єднання зубчасті (шліцьові) утворюються виступами (зубами) на валу і відповідними пазами в маточині, насаджений на нього деталі (рис. 3.12, б). За формою профілю виступів розрізняють прямобічні, евольвентні і трикутні зубчасті з'єднання. Прямобічні зубчасті з'єднання стандартизовані (ГОСТ 1139-80). Передбачено три серії з'єднань – **легка**, **середня** і **важка**, що відрізняються одна від одної заввишки і кількістю зубів (шліців), (таблиця 3.8). Відомості про з'єднання з евольвентними шліцами (ГОСТ 6033-80) приведені в [2, с. 301]. Зубчасті з'єднання трикутного профілю не стандартизовані.

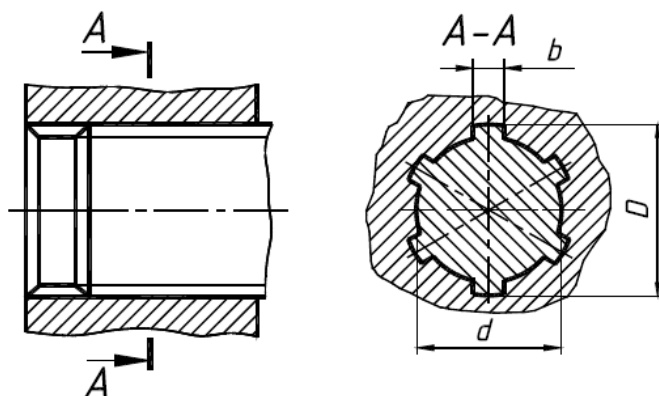


Рисунок 3.12 – Шліцьове з'єднання:  $D$  – зовнішній діаметр зубів,  $d$  – внутрішній діаметр зубів,  $b$  – ширина зуба

Таблиця 3.8 – З'єднання зубчасте (шліцьове) прямобічне, мм (ГОСТ 1139-80)

Легка серія		Середня серія		Важка серія	
$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$
6×23×26	6	6×11×14	3,0	10×16×20	2,5
6×26×30	6	6×13×16	3,5	10×18×23	3,0
6×28×32	7	6×16×20	4,0	10×21×26	3,0
8×32×36	6	6×18×22	5,0	10×23×29	4,0
8×36×40	7	6×21×25	5,0	10×26×32	4,0
8×42×46	8	6×23×28	6,0	10×28×35	4,0
8×46×50	9	6×26×32	6,0	10×32×40	6,0
8×52×58	10	6×28×34	7,0	10×36×45	5,0
8×56×62	10	8×32×38	6,0	10×42×52	6,0
8×62×68	12	8×36×42	7,0	10×46×56	7,0
10×72×78	12	8×42×48	8,0	16×52×65	5,0
10×82×88	12	8×46×54	9,0	16×56×65	5,0
10×92×98	14	8×52×60	10,0	16×62×72	6,0

Зубчасті з'єднання зображують згідно з ГОСТ 2.409-74. Кола і твірні поверхонь виступів зубів вала і отвору втулки зображують суцільними товстими лініями (рис. 3.13).

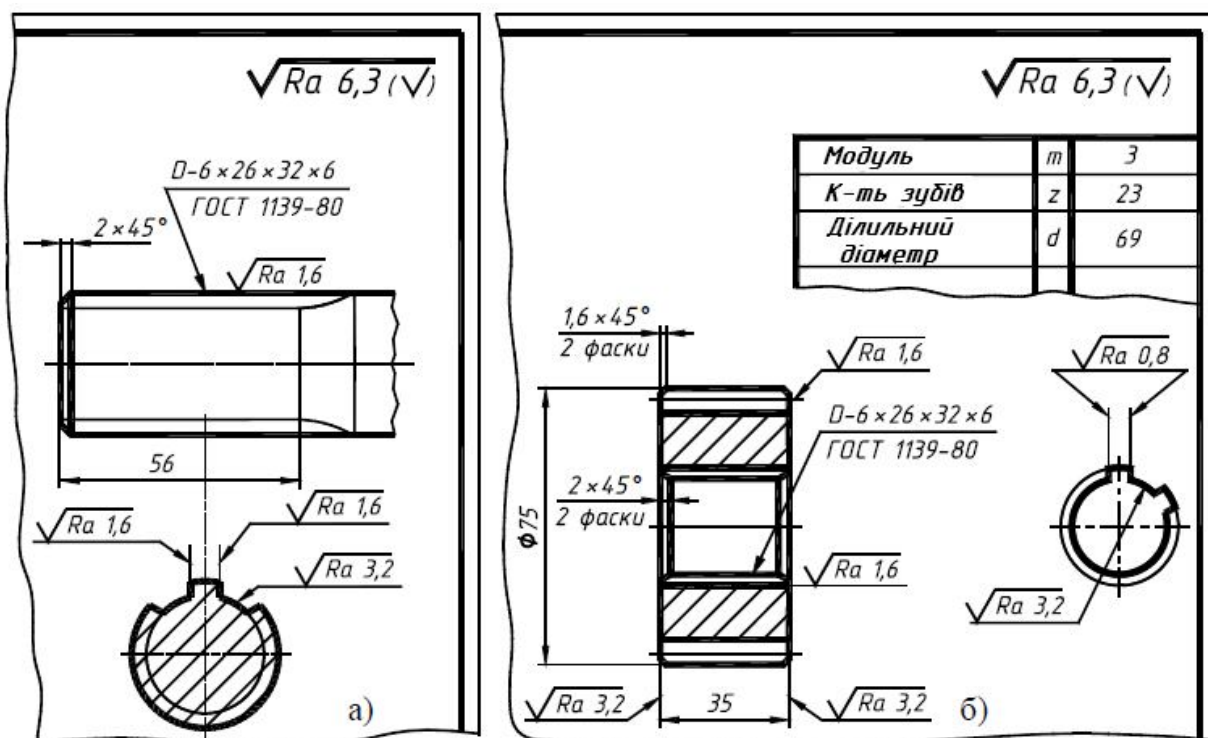


Рисунок 3.13 – Зображення прямобічних шліців на валу (а) і в отворі (б)

У поперечних розрізах і перетинах, а також на проекціях вала і отвору втулки на площину, перпендикулярну до подовжньої осі, зображують профіль одного зуба і двох западин, фаски на кінці зубчастого вала і в отворі втулки не показують. У подовжніх осьових розрізах і перетинах валів зуби умовно поєднують з площиною креслення і зображують не розітнутими, а на розрізах і перетинах втулок западини умовно поєднують з площиною креслення (рис. 3.15, б).



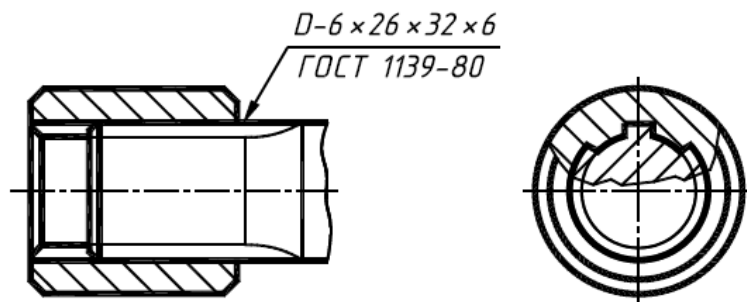


Рисунок 3.14 – З'єднання зубчасте (шліцьове)

У подовжніх осьових розрізах зубчастого з'єднання показують лише ту частину поверхні виступів отвору втулки, яка не закрита валом. Радіальний зазор між зубами і западинами вала і отвору втулки не показують.

Лінії штрихування в подовжніх розрізах або перетинах деталей зубчастих з'єднань проводять до ліній западин, у поперечних розрізах і перетинах – до ліній виступів. Кола і твірні поверхонь западин зубів зубчастого вала (рис. 3.15, а) зображують:

- 1) на видах, паралельних подовжній осі, – суцільними тонкими лініями; до того ж суцільна тонка лінія поверхні западин повинна перетинати лінію кордону фаски;
- 2) у подовжніх розрізах вала і отвору втулки твірні поверхонь западин проводять суцільними основними лініями;
- 3) у поперечних розрізах і перетинах, а також на проекції вала і отвору втулки на площину, перпендикулярну до подовжньої осі, кола западин зображують суцільними тонкими лініями.

Межу зубчастої поверхні вала, а також межу між зубами повного профілю і збігом проводять суцільною тонкою лінією. Поверхні зубів вала і втулки можуть стикатися (центруватися) по зовнішньому діаметру **D** з утворенням зазору по внутрішньому діаметру, (рис. 3.15, а), по внутрішньому діаметру **d** з утворенням зазору по зовнішньому діаметру, (рис. 3.15, б) і бічним сторонам зубів (рис. 3.15, в). В умовному позначенні прямобічного зубчастого (шліцьового) з'єднання вказують: систему центрування втулки відносно вала, число зубів **z**, внутрішній діаметр **d**, зовнішній діаметр **D** і ширину зуба **b**, (рис. 3.13, 3.14).

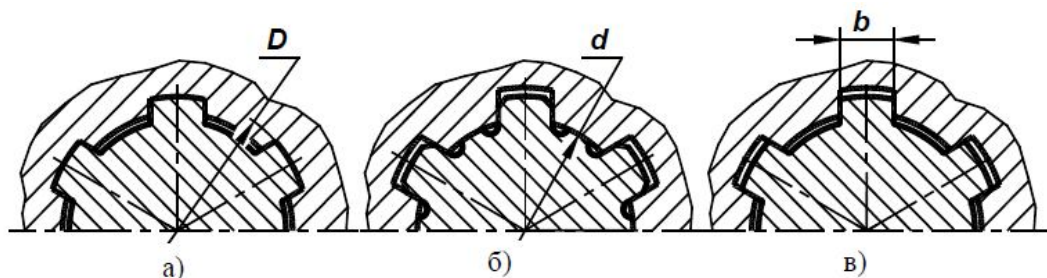


Рисунок 3.15 – Способи центрування

Приклад позначення прямобічного зубчастого (шліцьового) з'єднання з числом зубів **z = 8**, внутрішнім діаметром **d = 36 мм**, зовнішнім діаметром **D = 40 мм**, шириною зуба **b = 7 мм**:

- а) при центруванні по внутрішньому діаметру: **d – 8 • 36 • 40x7 ГОСТ 1139-80**;
- б) при центруванні по зовнішньому діаметру: **D – 8 • 36 • 40x7 ГОСТ 1139-80**;
- в) при центруванні по бічних сторонах: **b – 8 • 36 • 40x7 ГОСТ 1139-80**.

### 3.2 Нероз'ємні з'єднання

Нероз'ємним називають таке з'єднання деталей і вузлів, розбирання яких неможливе без пошкодження деталей. Часто нероз'ємні з'єднання використовують для одержання деталей складної форми і геометрії з простих дешевих елементів, [9].

До нероз'ємних зараховують **зварні, паяні, заклепувальні, клейові і формувальні з'єднання** (з'єднання з гарантованим натягом).

Нероз'ємні нерухомі з'єднання здійснюються механічним шляхом (запресовкою, склепуванням, загинанням, кернінням і чеканкою), за допомогою сил фізико-хімічного зчеплення (зварюванням, паянням і склеюванням) і шляхом занурення деталей в розплавлений матеріал (заформовкою в ливарні форми, в прес-форми і т. п.), [10].

Процентне відношення щодо використання таких з'єднань наведено нижче на діаграмі:



Рисунок 3.16 – Види нероз'ємних з'єднань

#### 3.2.1 З'єднання зварюванням

З'єднання деталей шляхом зварювання широко застосовуються в машинобудуванні. Існує багато видів зварювання і способів їх здійснення, наприклад: ручне дугове (ГОСТ 5264-80), автоматичне і напівавтоматичне під флюсом (ГОСТ 11533-75), дугове зварювання в захисному газі (ГОСТ 14771-76), контактне зварювання (ГОСТ 15878-79) та ін. (Детальніше див. ГОСТ 19521-74. Зварювання металів. Класифікація).

**Зварюванням** називають процес з'єднання металевих і пластмасових деталей шляхом встановлення міжатомних зв'язків між частинами, які з'єднуються, при місцевому нагріві, пластичній деформації або одночасній дії того і іншого. Розрізняють термічну, термомеханічну і механічну зварки. Найбільш поширеними видами зварки є електродуга, електронно-променева, газова (термічні); контактна і термокомпресійна (термомеханічні); тертям, холодна і ультразвукова (механічні).

**Зварний шов** – затверділий після розплавлення метал, що становить литу структуру з характерними особливостями, який сполучає зварювані деталі. Сукупність деталей, сполучених зварним швом називається **зварним з'єднанням**. За допомогою зварки можливе з'єднання між однаковими і різними металами, а також термопластичними пластмасами, [6]. Матеріали для виготовлення зварних конструкцій всілякі: алюміній і його сплави, сталі всіх типів і призначень, титан і його сплави, вольфрам (температура плавлення  $\sim 3400^{\circ}\text{C}$ ), поліетилен, полістирол, капрон, графіт, кераміка з окислу алюмінію.



Переваги зварних з'єднань:

- 1) економія металу. У зварних конструкціях стики виконуються без допоміжних елементів (накладок), що обважнюють конструкцію. Маса наплавленого металу приблизно складає 1 - 1,5 % і рідко перевищує 2 % маси виробу, порівняно з клепанними з'єднаннями;
- 2) зниження трудомісткості виготовлення. Скорочуються попередні операції і складне допоміжне устаткування;
- 3) зменшення вартості виробів. Вартість нижче завдяки зменшенню маси з'єднань і трудомісткості їхнього виготовлення;
- 4) збільшення якості і міцності з'єднання. Зварні шви створюють абсолютно щільні і герметичні з'єднання, що важливе при виготовленні котлів, цистерн, трубопроводів.

### 3.2.2 Види конструктивних з'єднань деталей зварюванням

Класифікація зварних швів:

- 1) за протяжністю – безперервні, переривисті, точкові;
- 2) за положенням у просторі – нижні, вертикальні, горизонтальні, точкові;
- 3) за зовнішньою формою шва – посилені (опуклі), нормальні, ослаблені (увігнуті);
- 4) за кількістю проходів – однопрохідні, багатопрохідні;
- 5) за формою підготовлених кромки;
- 6) за характером виконання шва.

Розрізняють такі види конструктивних з'єднань деталей зваркою відповідно до рисунку 3.17.

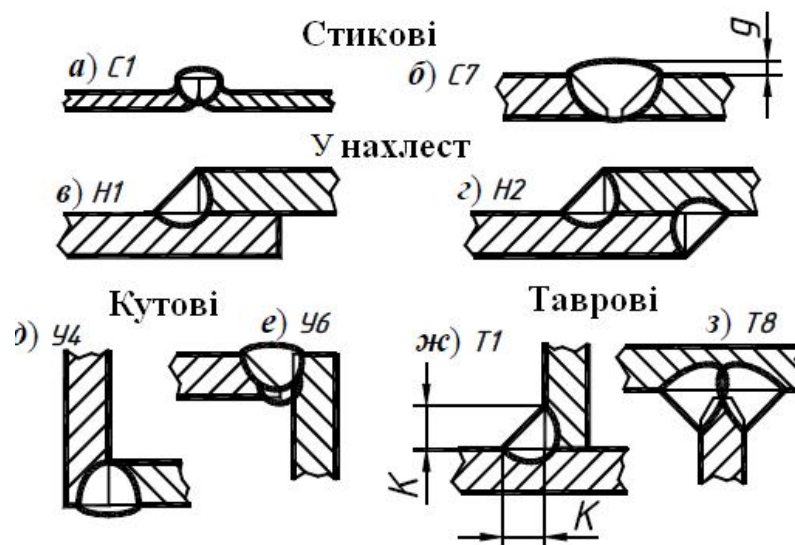


Рисунок 3.17 – Види конструктивних з'єднань деталей зварюванням

З'єднання розрізняються: стикові (рис. 3.17, а, б), у нахлест (в, г), кутові (д, е), таврові (ж, з). Їх позначають першими літерами – С, Н, У, Т відповідно. Кромки зварюваних деталей можуть бути підготовлені: з відбортовкою (а), без скосів (в, г, д, ж), із скосом однієї кромки (е), із скосом обох кромки (б), з двома симетричними скосами однієї кромки (з) і ін. Шов може бути одностороннім (б, в, д, ж) і двостороннім (г, е, з).

На кресленнях до буквеного позначення додають цифрові: С1, С2, С3 ...; Н1, Н2, Н3 ...; У1, У2, У3 ...; Т1, Т2, Т3 ..., що характеризує вигляд підготовки кромки і інтервал товщини зварюваних деталей.

Наприклад, рисунок 3.17: а – стикове з'єднання з відбортовкою кромки, товщина зварюваних листів **1...4 мм – С1**; б – те саме із скосом обох кромки, товщина **3...60 мм – С7**; в – з'єднання внахлест без скосу кромки, товщина **2...60 мм**, шов однобічний – **Н**; г – з'єднання внахлест таке ж, але шов двосторонній – **Н2**; д – кутове з'єднання без скосу кромки, товщина листів **1...30 мм – У4** і так далі (детальні відомості див. **ГОСТ 5264-80**).

В умовному позначенні шва можуть бути застосовані такі знаки (рис. 3.18):

№ 1 – при виконанні шва по замкнутій лінії;

№ 2 – при виконанні шва по незамкнутій лінії;

№ 3 – якщо потрібне посилення шва (рис. 3.17, б) зняти (механічною обробкою);

№ 4 – коли потрібно напливи і нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу;

№ 5 – коли потрібно показати розмір катета (**К**) поперечного перетину шва, (рис. 3.17, ж) в з'єднанні внахлест і тавровому з'єднанні;

№ 6 – для переривистого шва з ланцюговим розташуванням проварюваних ділянок з вказівкою довжини проварюваної ділянки і кроку;

№ 7 – для переривчастого шва з шаховим розташуванням проварюваних ділянок;

№ 8 – коли зварку здійснюють на монтажі виробу.

Знаки виконують тонкими лініями. Висота знаку однакова з висотою цифр, що входять в позначення шва.

№ знака	1	2	3	4	5	6	7	8
Знак	○	□	⊖	⌢	△	/	Z	7



Рисунок 3.18 – Допоміжні знаки позначення зварних швів

Шов виконується суцільним (рис. 3.18, а, б) або переривчастим (рис. 3.18, в, г), таким, що характеризується довжиною **l** проварюваних ділянок, які розташовані з певним кроком **t**. Двосторонні переривчасті шви виконуються з ланцюговим або шаховим розташуванням проварених ділянок [7].

В умовне позначення шва може бути включене літерне позначення способу зварювання. Наприклад, зварювання автоматичне позначають **А**, напівавтоматичне – **П** (**ГОСТ 11533-75**), контактне точкове, – **Кт**, шовне, – **Кш** (**ГОСТ 15878-79**), зварювання в інертних газах неплавким електродом без присадного матеріалу – **ІН**, у вуглекислому газі плавким електродом – **УП** (**ГОСТ 14771-76**) та ін.

Умовне позначення стандартних зварних з'єднань, згідно з **ГОСТ 2.312-72**, наноситься за схемою (рис. 3.19):

1 – місце нанесення знаків № 1 і 8;

2 – позначення стандарту на тип і конструктивні елементи швів зварних з'єднань;

- 3 – літерно-цифрове позначення шва;
- 4 – умовне позначення способу зварювання;
- 5 – знак і розмір катета;
- 6 – для переривчастого шва розмір довжини проварюваної ділянки – знак № 6 або № 7 і розмір кроку;
- 7 – знак зняття посилення шва або плавного переходу, або знак № 2 і параметр шорсткості обробленого шва;
- 8 – місце вказівки номера і кількості однакових швів.

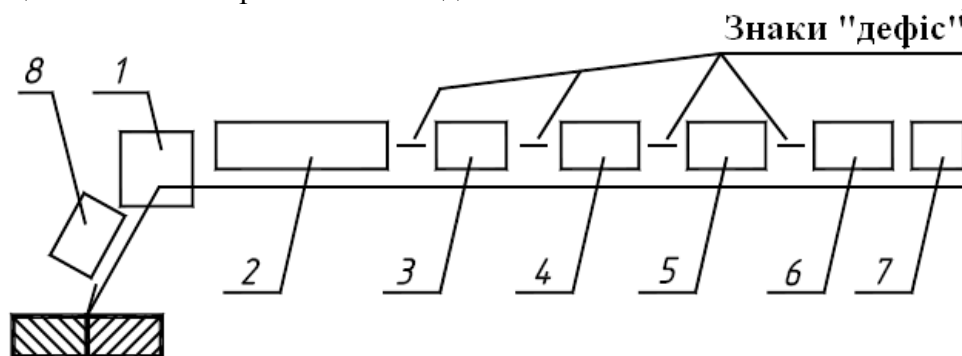


Рисунок 3.19 – Структура умовного позначення стандартного шва

Згідно з **ГОСТ 2.312-72** видимі шви зварних з'єднань незалежно від способу зварювання умовно зображуються суцільною основною лінією, а невидимі – штриховою (рис. 3.20).

На рисунку 3.20 ліворуч зображена форма поперечного перетину швів, умовне позначення яких **T1** і **H1**.

Одиночні зварні точки позначаються знаком «+» висотою і шириною **5...10 мм**, товщина ліній **S (0,5...1,4 мм)**. Невидимі зварювальні точки не зображуються. Умовне позначення шва наносять на полиці лінії-виноски, проведеної від зображення шва з лицьового боку або під полицею лінії-виноски, що проводиться від оборотної сторони (рис. 3.20). (За лицьову сторону однобічного шва приймають сторону, з якої проводять зварювання). Лінію-виноску починають однобічною стрілкою.

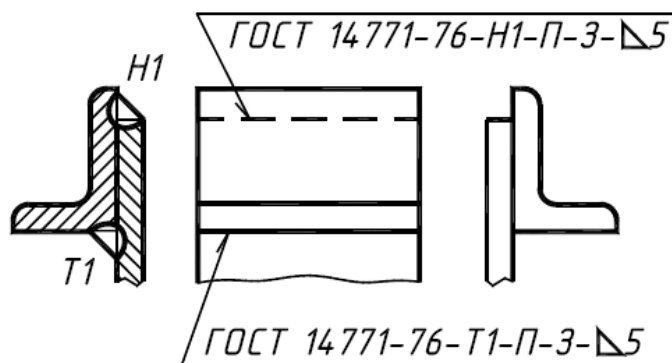


Рисунок 3.20 – Нанесення умовних позначень зварних швів

За наявності однакових швів позначення наносять на одному зображенні, а на інших, які лишилися, проводять лінії-виноски з полицями для вказівки номера шва (рис. 3.21) або без полиць, якщо всі шви однакові.

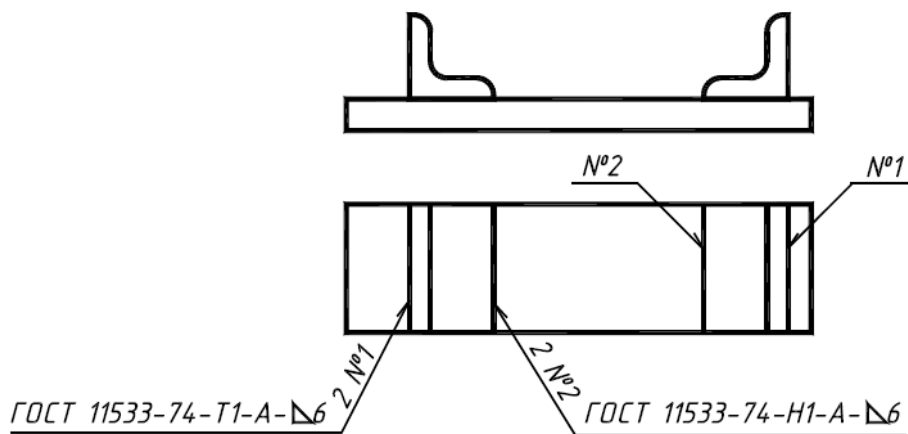


Рисунок 3.21 – Позначення однакових швів

За наявності на зображенні осі симетрії допускається відзначати лініями – виносками і позначати шви лише на одній з симетричних частин виробу (рис. 3.22).

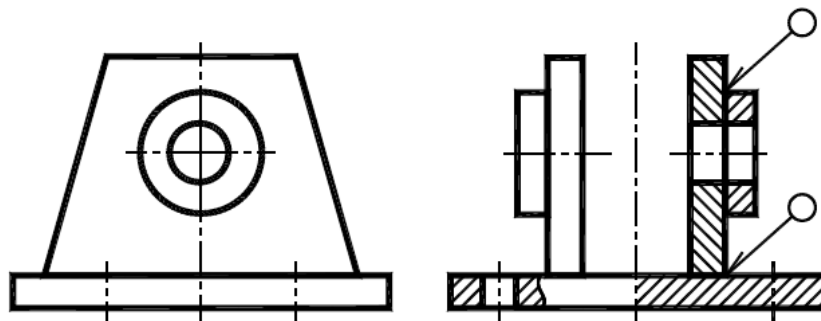


Рисунок 3.22 – Позначення швів на симетричному виробі

Однакові вимоги, які висуваються до всіх швів, і зварювальні матеріали вказуються в технічних вимогах, наприклад:

1. Електроди типу **E46 ГОСТ 9467-75**;
2. Зварні шви **ГОСТ 5264-80-T1 - Δ6 мм**.

Приклади позначення швів: на рисунку 3.20 наведені позначення швів, виконаних напівавтоматичною зваркою електродуги в захисному газі плавким електродом **ГОСТ 14771-76** з'єднанням у нахлест, (верхній шов) і таврового з'єднання, (нижній шов). Величина катета обох швів **5 мм**.

На рисунку 3.21 шов № 1 – шов таврового з'єднання, а шов № 2 – у нахлест. Обидва шви виконано автоматичною зваркою під шаром флюсу, катет шва **6 мм**.

На навчальних кресленнях позначення стандартних і нестандартних швів можна значно спростити, вказуючи лише літерно-цифрове позначення типу шва, номер стандарту і величину катета.

### 3.2.3 З'єднання клепою

У заклепувальних з'єднаннях функцію сполучних елементів виконують **заклепки** – стрижні круглого поперечного перетину з голівками на кінцях. Непоставлені в з'єднання заклепки мають по одній голівці, яка називається **закладкою**, друга голівка утворюється в процесі клепки, її називають **заклепуючою**. Голівки заклепок можуть бути різної форми. У серійному і масовому виробництві застосовується механічна клепка, здійснювана пневматичними клепальними молотками, машинами і пресами. Для установки заклепок у деталях све-

рдіють або пробивають пуансоном отвори. Діаметри отворів під заклепку і довжину вибирають згідно з **ГОСТ 10304-80**, **ГОСТ 14802-85**.

Стандартом передбачено декілька типів заклепок нормальної точності загальномашинобудівного вживання (**ГОСТ 10304-80**), підвищеної точності (**ГОСТ 14803-85**), порожнистих, напівпорожнистих. Найбільш поширені типи заклепок згідно з **ГОСТ 2.313-82** їхнє умовне зображення (праворуч) показані в перетині і на вигляді, відповідно до рисунків 3.23, 3.24, 3.25, 3.26, 3.27:

1) заклепки з напівкруглою, плоскою або скругленою голівкою і такою ж замикаючою голівкою (рис. 3.23):

- заклепки з напівкруглою голівкою – **ГОСТ 10299-80**;
- заклепки з плоскою голівкою – **ГОСТ 10303-80**;
- заклепки порожнисті із округленою голівкою – **ГОСТ 12638-80**;
- заклепки порожнисті з плоскою голівкою – **ГОСТ 12639-80**;
- заклепки порожнисті з напівкруглою голівкою – **ГОСТ 12641-80**;
- заклепки напівпорожнисті з плоскою голівкою – **ГОСТ 12642-80**;
- заклепки з напівкруглою голівкою (підвищеної точності) – **ГОСТ 14797-85**;
- заклепки з плоско-опуклою голівкою (підвищеної точності) – **ГОСТ 14800-83**;
- заклепки з плоскою голівкою (підвищеної точності) – **ГОСТ 14801-85**;

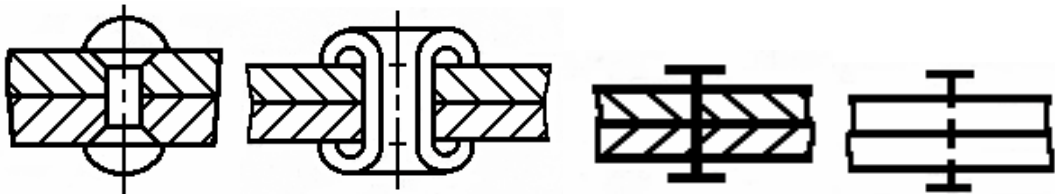


Рисунок 3.23 – Зображення заклепок у розрізі і їхнє умовне позначення

2) заклепки з потайною голівкою і напівкруглою плоскою або із округленою замикаючою голівкою (рис. 3.24):

- заклепки з напівкруглою низькою голівкою – **ГОСТ 10302-80**;
- заклепки порожнисті з потайною голівкою – **ГОСТ 12640-80**;
- заклепки напівпорожнисті з потайною голівкою – **ГОСТ 12643-80**;
- заклепки порожнисті і напівпорожнисті – **ГОСТ 12644-80**;

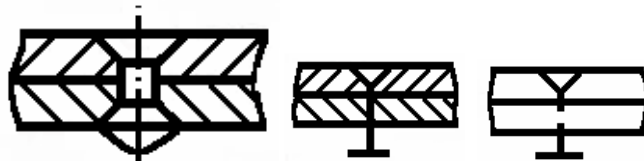


Рисунок 3.24 – Зображення заклепок у розрізі і їхнє умовне позначення

3) заклепки з потайною голівкою і потайною замикаючою голівкою (рис. 3.25):

- заклепки з потайною голівкою (кут  $90^\circ$ ) (підвищеної точності);
- заклепки з потайною голівкою (кут  $120^\circ$ ) (підвищеної точності).



Рисунок 3.25 – Зображення заклепок у розрізі і їхнє умовне позначення

- 4) заклепки з напівпотайною голівкою і потайною замикаючою голівкою (рис. 3.26):
- заклепки з потайною голівкою – **ГОСТ 10300-80**;
  - заклепки з напівпотайною голівкою – **ГОСТ 10301-80**;



Рисунок 3.26 – Зображення заклепок у розрізі і їхнє умовне позначення

- 5) спеціальні заклепки (рис. 3.27):

- заклепки трубчасті для односторонньої клепки тонколистових металоконструкцій **ГОСТ 26805-86**.

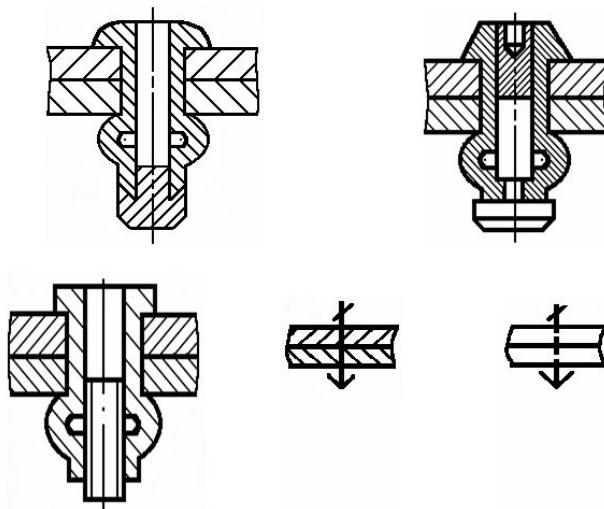


Рисунок 3.27 – Зображення заклепок у розрізі і їхнє умовне позначення

У тих випадках, коли немає доступу до зони замикаючої голівки, застосовують вибухові заклепки з частково порожнистим стрижнем, заповненим вибуховою речовиною.

Зараз для з'єднання металоконструкцій великих перекриттів використовують болти-заклепки. Вони складаються з двох деталей: стрижня і кільця.

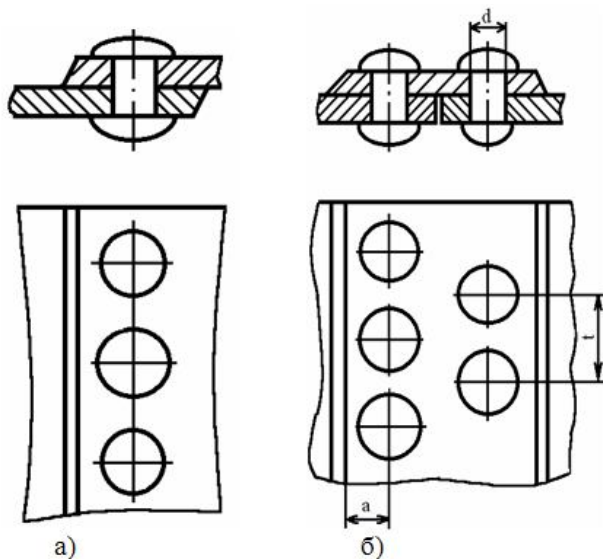


Рисунок 3.28 – Розташування заклепок у з'єднаннях

За призначенням клепані шви поділяються на два види:

- 1) **міцні** – вживаються для з'єднання ферм, мостів, радіовеж;
- 2) **щільні** – використовуються при виготовленні баків, резервуарів (шви повинні мати високу герметичність).

За характером розташування заклепок у з'єднаннях розрізняють **однорядні** (рис. 3.28, а) і **багаторядні** (рис. 3.28, б) шви.



Розташування заклепок у швах може бути шаховим (рис. 3.28 б) і паралельним (рис. 3.29).

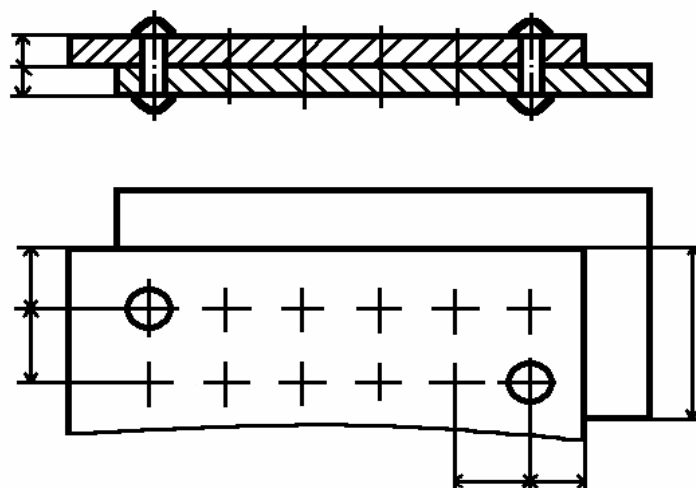


Рисунок 3.29 – Розташування заклепок у з'єднанні

За характером розташування деталей, що з'єднуються, розрізняють з'єднання внахлест (рис. 3.28 а), коли один лист накладають на інший і з'єднання встик з накладками (рис. 3.28 б), коли листи підводять встик і з'єднують накладеною на них однією або двома накладками. Відстань між осями двох сусідніх заклепок виміряна паралельно кромці шва, називається кроком  $t$  заклепувального шва (рис. 3.28 б).

У подовжньому розрізі заклепки **не заштриховують** (рис. 3.29).

При виконанні креслень заклепувального з'єднання розміщення заклепок позначають на виді умовним знаком «+», а в розрізах показують їх лише на початку і в кінці з'єднання, відповідно до рисунку 3.30.

Групи однакових заклепок можуть позначатися умовними знаками (рис. 3.31 а) і літерами (рис. 3.31 б).

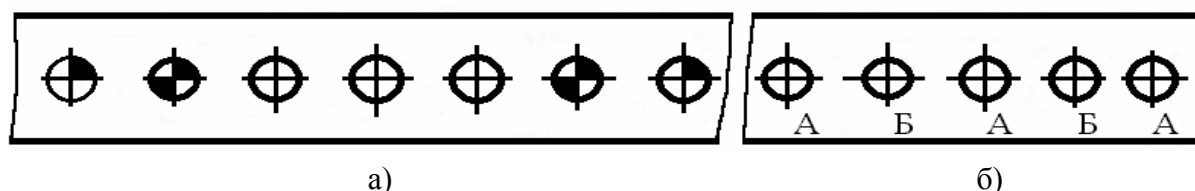


Рисунок 3.30 – Приклад виконання креслень з'єднання клепою

Діаметр заклепок вибирають залежно від товщини склепуваних листів за формулою:

$$d = 2S,$$

де  $d$  – діаметр заклепки в мм;

$S$  – товщина склепуваних листів.

Довжина стрижня заклепки залежить від товщини склепуваних листів і форми замикаючої голівки. Замикаюча голівка утворюється з виступаючої частини стрижня. Довжина цієї частини стрижня для утворення напівкруглої голівки складає  $1,2...1,5d$ , а для потайної або напівпотайної голівки  $0,8...1,2d$ . Повна довжина стрижня при клепці з утворення напівкруглої замикаючої голівки розраховується за формулою:

$$l = S + (1,2...1,5) d.$$

При потайній або напівпотайній клепці за формулою:

$$l = S + (0,8...1,2) d.$$

Заклепки виготовляють, як із сталі різних марок, так і зі сплавів кольорових металів. Сталі для заклепок зазвичай вибирають маловуглецеві, такі, що мають високу пластичність, наприклад Ст. 2, Ст. 3, з кольорових сплавів Л63, Мл3, АД1. У спеціальних випадках заклепки виготовляють з легованих сталей.

Приклад умовного позначення заклепки з напівкруглою голівкою класу точності С (клас точності В не вказують); виконання 2 (виконання 1 не вказують); діаметром стрижня  $d = 8$  мм; довжиною  $l = 20$  мм; 38 – умовне позначення марки (групи) матеріалу; М3 – марка матеріалу (вказується для групи 01, 03, 38), (таблиця 32); 03 – умовне позначення вигляду покриття (відсутність покриття не вказують) і його товщини; ГОСТ... – позначення стандарту на конкретний вигляд заклепок:

**Заклепка С 2.8 • 20.38.М3.03 ГОСТ...**

Таблиця 3.9 – Марки матеріалу і їхні умовні позначення

Вид і марка	Умовне позначення марки (групи)
<b>Вуглецеві сталі:</b>	
Ст. 2	00
10, 10 кп	01
Ст. 3	02
15, 15 кп	03
20, 20 кп	04
Легована сталь 09Г2	10
Нержавіюча сталь 12Х18Н9Т	21
<b>Латунь:</b>	
Л63	32
Л63 (антимагнітна)	33
Мідь М3, МТ	38
<b>Алюмінієві сплави:</b>	
Амг5П	31
Д18	36
АД1	37
В65	41

До матеріалу заклепок висуваються такі вимоги:

- висока пластичність для полегшення процесу клепання;
- однаковий температурний коефіцієнт розширення з матеріалом склепуваних деталей щоб уникнути додаткової температурної напруги в з'єднанні у разі коливань температури;
- однорідність із матеріалом склепуваних деталей для запобігання появи гальванічних струмів, дуже руйнівних для з'єднання.

Для сталевих деталей застосовують лише сталеві заклепки, для мідних – мідні.

Основні переваги клепаних (заклепувальних) з'єднань полягають у їхній високій надійності, зручності контролю якості і хорошій опірності вібраційним і ударним навантаженням. За допомогою заклепок можна сполучати деталі з матеріалів і металів, які не підлягають зварюванню.

До недоліків можна віднести складність автоматизації процесу, утворення концентраторів напруження в з'єднанні і відносно високу вартість. Низька економічність клепаних з'єднань спостерігається через складність технологічного процесу (розмічання, продавлювання і свердління отворів, нагрівання заклепок, їхнє закладення, клепаання) і необхідності застосування дорогого устаткування (верстати, преси, нагрівачі, машини для клепаання). Крім того, за необхідності застосування підсилюючих накладок збільшується витрата матеріалу.

У зв'язку з розвитком зварки заклепувальні (клепані) з'єднання в більшості областей витиснені зварними з'єднаннями.

#### *3.2.3.1 Рекомендації щодо конструювання заклепувальних з'єднань*

Під час конструювання клепаних з'єднань дотримуються таких рекомендацій, заснованих на багатолітньому досвіді експлуатації і розрахунковому аналізі:

1. У з'єднанні має бути виконана умова рівномірності заклепок і деталей.
2. Заклепки в з'єднанні розташовують так, щоб послаблення деталей, які з'єднуються, отворами було найменшим (віддають перевагу шаховому розташуванню заклепок над однорядним).
3. Для запобігання виникнення вигину деталей, які з'єднуються, заклепки потрібно розташовувати на осі, що проходить через центр мас склепуваних деталей або симетрично відносно цієї осі, або якомога ближче до неї.
4. Не рекомендується в одному з'єднанні застосовувати заклепки різних діаметрів.
5. Для запобігання повороту деталей, що з'єднуються, відносно одна одної кількість заклепок в з'єднанні має бути не менше двох.
6. Мінімальний крок розташування заклепок в з'єднанні приймають з умов міцності деталей, які з'єднуються і зручності клепа.
7. Кількість рядів заклепок по один бік стику з'єднання приймають не більше трьох, оскільки подальше збільшення кількості рядів мало впливає на міцність з'єднання.
8. У стикових з'єднаннях кількість заклепок збільшується удвічі порівняно із з'єднаннями внахлест.
9. Герметичність стику в щільних з'єднаннях можна забезпечити нанесенням на поверхні стику клеїв, силосанових емалей, металевих покриттів, що отримуються гальванічним способом або газополум'яним напиленням.
10. Конструкцію з'єднання розробляють після визначення необхідної кількості заклепок.

#### *3.2.3.2 Сфера застосування клепаних (заклепувальних) з'єднань*

У сучасному машинобудуванні сфера застосування клепаних з'єднань усе більш скорочується у міру вдосконалення методів зварки. Наразі клепане з'єднання застосовуються в тих випадках, коли зварні з'єднання недопустимі, а саме:

— у конструкціях, що сприймають значні вібраційні і ударні навантаження за високих вимог до надійності з'єднання;

— при виготовленні конструкцій з матеріалів, що не зварюються (дюралюміній, текстоліт і ін.), наприклад, у літакобудуванні. Достатньо сказати, що в одному літаку можна налічити більше 2 млн заклепок;

— у з'єднаннях остаточно оброблених високоточних деталей, для яких недопустимі нагрівання і деформації, супутні зварці.

Найчастіше заклепувальні з'єднання застосовують:

— у авіа- і суднобудуванні – оббивка фюзеляжу, корпуси;

— у будівельних спорудах – мости, ферми;

— у загальному машинобудуванні – кріплення зубчастих вінців до дисків коліс, лопаток у турбінах, фрикційних накладок, з'єднання елементів рам вантажних автомобілів і зібраних сепараторів підшипників кочення.

### 3.2.4 З'єднання пайкою

**Паянням** називають процес з'єднання металевих або металізованих деталей за допомогою додаткового з'єднувального матеріалу – **припою**, температура плавлення якого нижча за температуру плавлення матеріалу деталей, які з'єднуються. У розплавленому стані припій змочує поверхні деталей, які з'єднуються. З'єднання відбувається шляхом міжатомного зчеплення, розчинення і дифузії матеріалу деталей і припою. На відміну від зварки паяння зберігає незмінними структуру, механічні властивості і склад матеріалу деталей, викликає значно меншу залишкову напругу. Міцність паяного з'єднання визначається міцністю припою і зчепленням припою з поверхнями деталей, які з'єднуються (рис. 3.31).

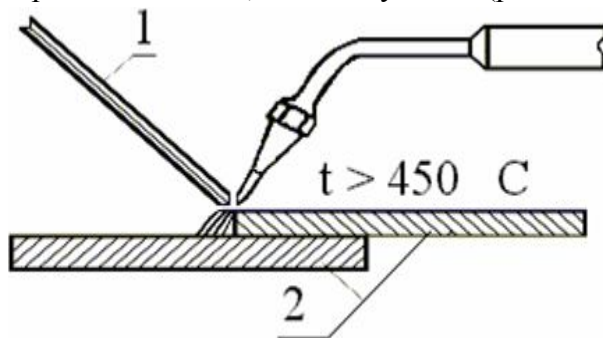


Рисунок 3.31 – З'єднання деталей пайкою: 1– припой, 2 – деталі

Розрізняють такі способи пайки:

- 1) екзотермічна пайка (А) в повітрі і захисному газі;
- 2) пайка паяльником (Д);
- 3) пайка газовим полум'ям (Е);
- 4) пайка електроопором (Б);
- 5) пайка у ванні (Д);
- 6) пайка в печі (Е);
- 7) дифузійна пайка (Б);
- 8) індукційна пайка (Б);
- 9) пайка випромінюванням (Г).

Від зварювання паяння відрізняється тим, що кромки деталей, які з'єднуються, не розплавляються, а лише нагріваються до температури плавлення припою. Припої мають нижчу температуру плавлення, чим метали, з яких виготовлені деталі, які з'єднуються, (див. рис. 42). Припій розплавляється і твердне в зазорах між поверхнями деталей, які з'єднуються.

Розрізняють паяння **легкоплавкими** і **тугоплавкими** припоями. **Легкоплавкі** припої мають температуру плавлення до 400° С і незначну механічну міцність. До складу легкоплавких припоїв входять олово і свинець.

**Тугоплавкі** припої мають температуру плавлення вище 500° С. Такими припоями можна отримати міцність паяного з'єднання близьку до міцності основного металу деталей, що з'єднуються. Тугоплавкі припої складаються із сплаву міді, цинку, срібла, нікелю, заліза, кадмію і інших металів. Найбільш вживані марки припоїв наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Марки припоїв, що рекомендуються для пайки

Вид припою	Характеристика	Марка	Призначення	ГОСТ
Олов'яно-свинцевий	М'які $t_{пл} < 500^{\circ} \text{C}$	ПОС 90, ПОС 61М, ПОССу15	Алюмінієві сплави	21930-76
Олов'яно-свинцевий	$t_{пл} = 200^{\circ} \text{C}$	Авіа - 1	Тонкостінні вироби з алюмінію	ВТУ
На основі срібла	Тверді $t_{пл} > 500^{\circ} \text{C}$	ПСр 72 ПСр 12М	Чорні метали	19738-74
Мідно-нікелеві		МНЖМц 30-1-1 МН 19, МНА 13-3	Вуглецеві сталі	849-70
Кадмієві		КдОАС, Кд 1	Леговані сталі	1467-77
Магнієві		Мг 96, Мг 90	Кольорові метали	804-72

Щоб підвищити якість паяння застосовують флюси. **Флюс** – це речовина або склад, призначений для розчинення і видалення оксидів з поверхні деталей, які підлягають паянню. Він повинен надійно захищати поверхні деталей і припою від окислення в процесі паяння.

Флюси розділяють на активні (кислотні), безкислотні, активовані, антикорозійні.

Вибір флюсу залежить від металів, які з'єднуються паянням, або сплавів, найбільш поширені марки флюсів наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Марки флюсів, які рекомендуються для паяння

Найменування флюса	Марка флюса	ГОСТ (ТУ)	Призначення
Флюс-паста	УН – 1		Чорних і кольорових металів
	КЭЦ	ВТУ МХП 1931-49	Кольорові і дорогоцінні метали
	Каніфоль		Мідь і її сплави
	ЛТИ – 1	5243-50	Нержавіюча сталь, нікель, срібло
	ВТС	326-52	Платина і її сплави

Шви нероз'ємних з'єднань, що отримуються паянням, зображують умовно згідно з **ГОСТ 2.313-82**. Паяне з'єднання на кресленнях зображують лінією, товщина якої в два рази

більша, ніж лінія обведення видимого контуру, тобто **2s**. До паяного з'єднання проводять виносну лінію із стрілкою (рис. 3.32, а, б).

Цю лінію перетинають умовним знаком паяння у вигляді напівдуги «С». Для швів, виконаних по периметру, лінію-виноску закінчують колом діаметром 3...5 мм від якої проводять поличку.

Її використовують для позначення номера пункту технічних вимог, у яких вказують марку припою і вимоги до якості шва.

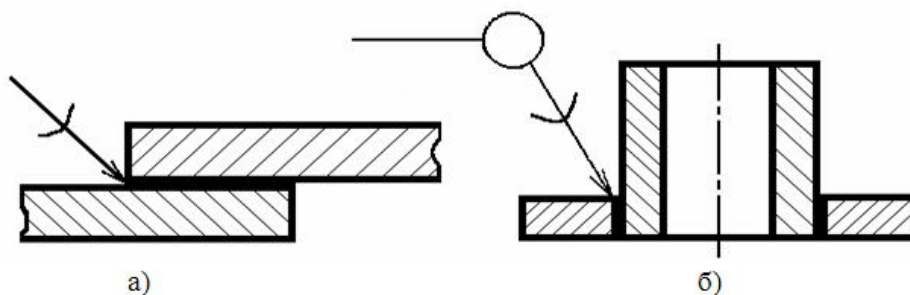


Рисунок 3.32 – Зображення паяного з'єднання на кресленнях

У разі необхідності на зображенні паяного з'єднання вказують розміри шва і позначення якості його поверхні.

Специфічними для вакуумної техніки є вакуумнощільні з'єднання – спаї скла з металом. У цих з'єднаннях одну з деталей – скляну – нагрівають до пластичного стану і з'єднують з нагрітою металевою деталлю. На кресленнях у спаях скла з металом скляну деталь зображують у такому вигляді, який вона має в готовому з'єднанні з віддзеркаленням її деформації, що виникає при з'єднанні без потовщення лінії в зоні шва. У разі необхідності вказують розміри паяного шва, а також взаємне положення деталей.

Основні типи паяних з'єднань встановлює **ГОСТ 19249-73** і їх умовні позначення вказані відповідно до рисунка 3.33.

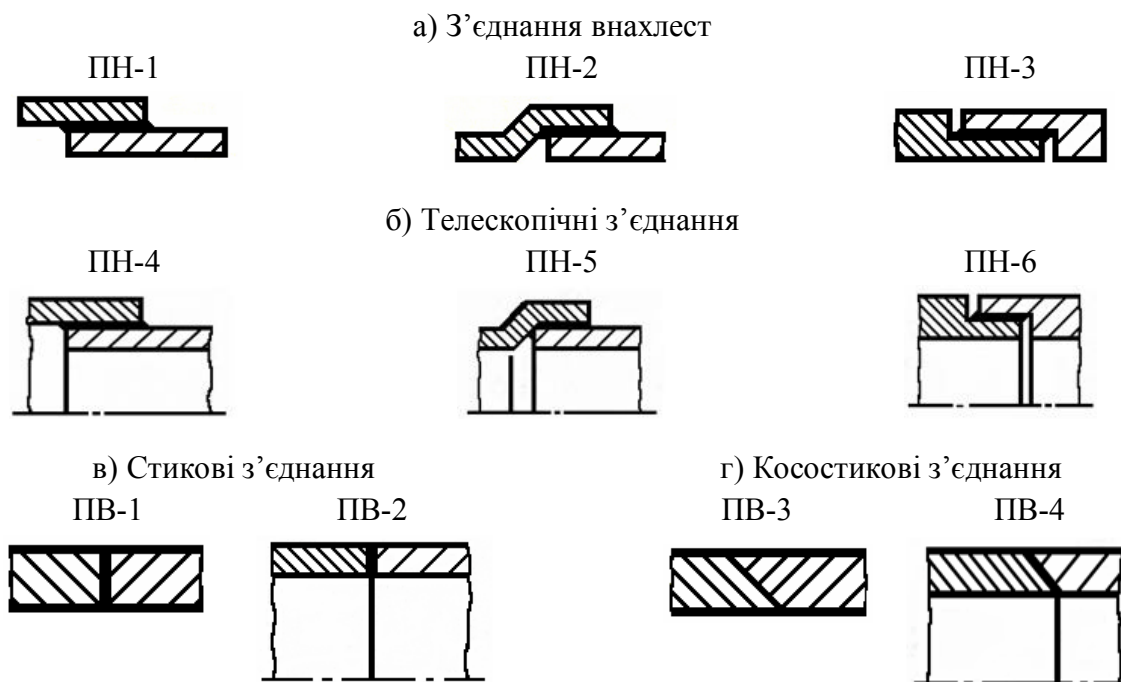


Рисунок 3.33 – Основні типи і позначення паяних з'єднань



### 3.2.5 З'єднання склеюванням

**Склеюванням** називають з'єднання деталей тонким шаром швидкотвердіючого розчину – клею.

Процес склеювання складається з підготовки поверхонь деталей, що з'єднуються, нанесення клею, з'єднання деталей і витримки за певного тиску і температури.

Клейові з'єднання застосовують для того, щоб скріпити деталі з різних металевих і неметалевих (скло, кераміка, пластмаса) матеріалів у будь-якому їх поєднанні. До клейових з'єднань не висувають вимог високої міцності, але вони повинні добре чинити опір вібраціям, дії вологи, коливанням температур.

З'єднання бувають суто клейові і клеємеханічні, для підвищення герметичності (клеєрізьбові, клеєзварні).

Клейові з'єднання покращують герметизацію, знижують вартість виробу і дозволяють простіше вирішувати завдання мініатюризації конструкцій. Їх часто застосовують у тих випадках, коли неможливе механічне кріплення деталей, що з'єднуються, наприклад, склеювання оптичного скла за допомогою прозорих і незабарвлених клеїв, кріплення напівпровідникового кристала з кристалотримачем. Міцність клейового з'єднання залежить від способу підготовки поверхонь. Бажано, щоб вони були шорсткі. Для цього застосовують механічну (абразивну) і хімічну (травлення в розчинах) обробку.

Клейовий шар для підвищення міцності має бути якомога тонкий (0,05 ... 0,25 мм), тепло- і вологостійкий, не піддаватися старінню.

Для забезпечення необхідного взаєморозташування склеюваних деталей в конструкції передбачають фіксуючі елементи – виступи, западини і тому подібне.

Клеї підбирають виходячи з властивостей матеріалу поверхонь, що з'єднуються. Клеї поділяють на ті, що тверднуть при видаленні розчинника, тверднуть при охолодженні розплаву і тверднуть завдяки хімічним процесам.

Процес склеювання клеями першої групи зводиться до нанесення на поверхню деталей розчину клею, стискуванню деталей і подальшому видаленню розчинника шляхом випаровування або вбирання в склеюваний матеріал. З'єднання має властивість оборотності, його не застосовують для виробів, що працюють в умовах підвищеної вологості і температури. До таких клеїв зараховують гумові, казеїнові і інші види клеїв.

Клеї другої групи перед нанесенням розріджують нагріванням, потім наносять на поверхні, які стискають і витримують при кімнатній температурі. Ці клеї також зворотні, тобто при нагріванні стають в'язкими, і з'єднання руйнуються.

Клеї третьої групи незворотні, отримане з їх допомогою з'єднання має велику міцність, проте процес склеювання буває складним, деякі клеї тверднуть при нагріванні з'єднання. До таких клеїв зараховують синтетичні клеї серій БФ, «Момент», клеї на епоксидній, епоксидно-кремнійорганічній основі і ін.

Клейове з'єднання краще працює на зрушення, гірше – на відрив. Його міцність залежить від сорту клею, товщини та якості шару, міцності зчеплення клею з поверхнями деталей, які з'єднуються.

**ГОСТ 2.313-82** встановлює умовне зображення і позначення з'єднань, що отримуються паянням і склеюванням. Як у тому, так і в іншому випадках місце з'єднання на видах і розрізах зображують суцільною лінією завтовшки **2s (1,2 ... 3 мм)**. На відміну від зварних з'єднань розташування паяних і клеєних швів вказують на кресленнях лінією-виноскою з

**двосторонньою стрілкою.** На лінії-виносці ставлять знак склеювання, (рис. 3.34, а), що виконується основними лініями.

Позначення клею (склеювальної речовини) наводять в технічних вимогах креслення записом за типом:

**Клей БФ2 ГОСТ 12172-74.**

Марки припоїв і клеїв, їхнє вживання і призначення можна знайти в [1, с. 277]. Швам, виконаним клеями однакової марки, призначають один порядковий номер, який наносять на лінії-виносці.

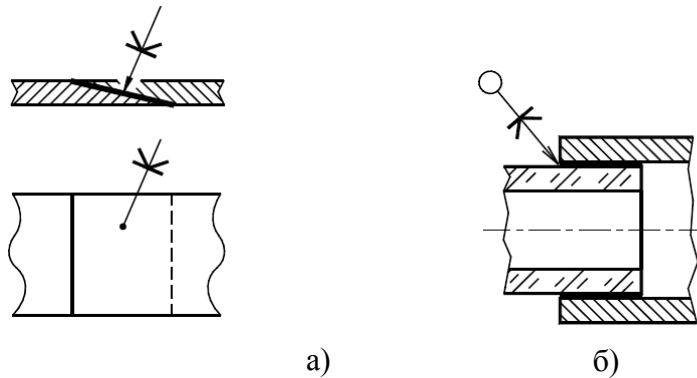


Рисунок 3.34 – Зображення з'єднання склеюванням

Шви, що виконуються по замкнутій лінії, потрібно позначати колом діаметром **3...5°мм**, яке виконується тонкою лінією (рис. 3.34, б).

### 3.2.6 Інші види з'єднань (заформовка, запресовка)

**Заформовка** полягає в з'єднанні металевих елементів (арматури) із склом, пластмасою, гумою, легкоплавкими цинковими, алюмінієвими і магнієвими сплавами шляхом занурення цих елементів у формований матеріал, що знаходиться у в'язкотекучому пластичному або рідкому стані. Після застигання формованого матеріалу утворюється нероз'ємне з'єднання.

Таким способом отримують різні рукоятки, кришки, сайлент-блоки, клемові тримачі, деталі для оптико-механічних і електронних приладів (рис. 3.35). Заформовка є єдиним способом здобуття газонепроникного з'єднання металевих електродів із скляними балонами електровакуумних пристроїв.

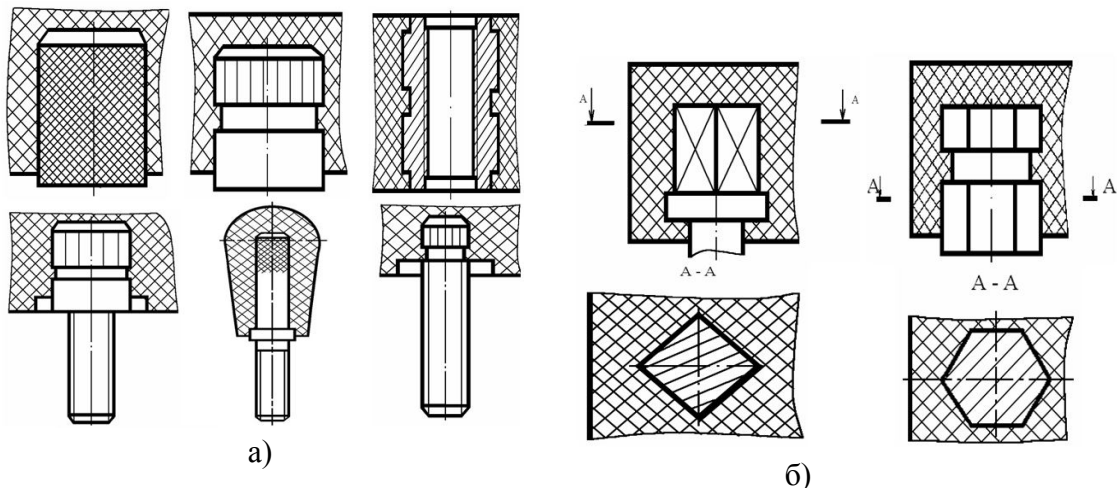


Рисунок 3.35 – Приклади зображення заформовок деталей  
а) циліндричної, б) призматичної

З'єднання заформовкою мають такі переваги:

- не потрібні висока точність і чистота обробки занурюваних частин арматури;
- можна набути необхідних, часто несумісних місцевих властивостей елементів вузла – електро- і теплопровідність арматури за збереження ізоляційних властивостей вузла;
- зменшуються маса виробів і витрата металу, вартість.

При заформовці практично відсутнє зчеплення арматури з формованим матеріалом. Міцність і щільність з'єднань забезпечують вибором відповідних форм занурюваної арматури у вигляді кільцевих проточок, западин, уступів, розширень, загинів, які збільшують поверхні контакту і які перешкоджають її висмикуванню.

**З'єднання запресовкою** отримують шляхом створення гарантованого натягу між охоплюваною і охоплюючою поверхнями при збірці. Після збірки унаслідок пружних і пластичних деформацій на поверхні контакту виникає питомий тиск і відповідні йому сили тертя, які перешкоджають взаємному зсуву деталей.

Збірка при з'єднанні запресовкою може здійснюватися одним із трьох способів: пресування без нагрівання, з нагріванням втулки або з охолоджуванням вала.

Найбільш поширені з'єднання запресовкою по циліндричних поверхнях. Вони застосовуються для з'єднання зубчастих коліс на валиках, при з'єднанні зубчастого вінця черв'ячного колеса з маточиною.

Для полегшення збірки на деталях виконують напрямні фаски. Збірка з нагрівання втулки може викликати зміну структури, викривлення деталі. Переважно збірка з охолоджуванням вала. Для охолоджування використовують рідкий азот ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), сухий лід ( $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Чим більше натяг і параметри шорсткості поверхні, тим вище надійність з'єднання.

До з'єднань із гарантованим натягом належать з'єднання із застосуванням посадок **H7/u7; H7/r6; H7/p6** та ін. Вибір необхідної посадки здійснюють за умов міцності за величиною питомого тиску.

**Перевагами з'єднань запресовкою є:** відсутність додаткових кріплень, простота конструкції, хороше центрування деталей, які з'єднуються, можливість передачі значних осьових зусиль і крутильних моментів.

**До недоліків з'єднань запресовкою належать:** висока точність і вартість виготовлення деталей, які з'єднуються, складність збірки, вплив величини натягу, коефіцієнта тертя і робочих температур на міцність з'єднання.

#### 4 ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ (КОРОТКІ ВІДОМОСТІ)

Поверхня деталі після механічного оброблення не буває абсолютно гладкою, оскільки ріжучий інструмент залишає на ній сліди у формі мікронерівностей – виступів і западин, [11], (рис. 4.1).

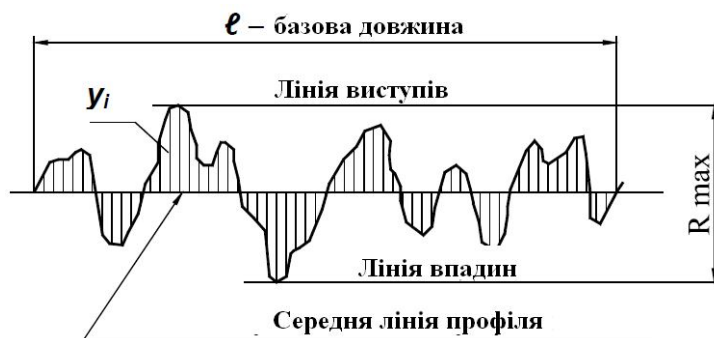


Рисунок 4.1 – Профілограма реальної поверхні

Шорсткість поверхні характеризується величиною мікронерівностей реальної поверхні (у **мкм**), що визначає її відхилення від ідеально гладкої поверхні. Якість поверхні згідно з **ГОСТ 2789-73** оцінюється шістьма параметрами. У навчальних кресленнях використовують лише два з них:

**Ra** – середнє арифметичне відхилення профілю, тобто середнє арифметичне значення ординат  $y_i$  деякої кількості точок, вибраних на базовій довжині;

**Rz** – висота нерівностей профілю по десяти точках, тобто сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів і глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини.

Параметр **Ra** бажано використовувати переважно за інші. Під час виконання навчальних ескізів і креслень рекомендуються такі значення цього параметра: **50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4 мкм**.

Шорсткість поверхонь позначається на кресленні для всіх виконуваних по цьому кресленню поверхонь виробу незалежно від методів їх утворення. У позначенні шорсткості поверхні застосовують один із знаків, зображених на рисунку 4.2 відповідно до **ГОСТ 2.309-73**. Висота знаку **h** має приблизно дорівнювати вживаній на кресленні висоті розмірних чисел. Висота **H** рівна **(1,5 ... 5) h**. Товщина ліній знаків має приблизно дорівнювати половині товщини суцільної товстої лінії, яка визначена на кресленні.

У позначенні шорсткості поверхні, вид обробки якої конструктором не встановлюється, застосовують знак згідно з рисунком 4.2, а. У позначенні шорсткості поверхні, яка має бути утворена видаленням шару матеріалу: точінням, фрезеруванням, свердлінням, шліфуванням і т. д., застосовують знак за рисунком 4.2, б.

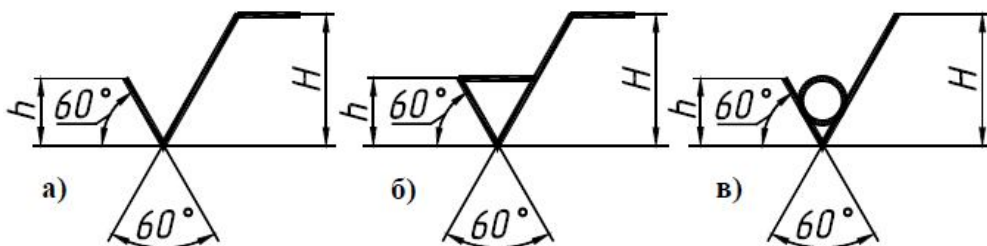


Рисунок 4.2 – Знаки шорсткості поверхні

У позначенні шорсткості поверхні, яка має бути утворена без видалення шару матеріалу, наприклад, литвом, куванням, штампуванням і т. п., а також поверхні, що не обробляються по цьому кресленню (зберігають стан постачання), застосовують знак згідно з рисунком 4.2, в.

#### 4.1 Правила позначення шорсткості поверхонь на кресленнях (ГОСТ 2.309-73)

1. Знаки шорсткості на зображенні виробу розташовують:
  - на виносних лініях між контуром деталі і розмірними лініями;
  - на полицях ліній-винесень;
  - на розмірних лініях або їхньому продовженні;
  - на лініях контуру поверхні якомога ближче до розмірної лінії, що відноситься до цієї поверхні.
2. Знаки шорсткості завжди наносять з боку обробки поверхні. За будь-якого положення знаку довга його сторона має бути праворуч відносно спостерігача, що знаходиться у вершині кута. Висота цифр значення шорсткості дорівнює висоті цифр розмірних чисел на полі креслення.
3. При вказівці однакової шорсткості для всіх поверхонь виробу позначення шорсткості поміщають у правому верхньому кутку креслення і на зображенні не наносять (рис. 4.3, а). Розміри і товщина ліній знаку в правому верхньому кутку креслення приблизно у півтора рази більше, ніж у позначеннях, нанесених на зображенні виробу.

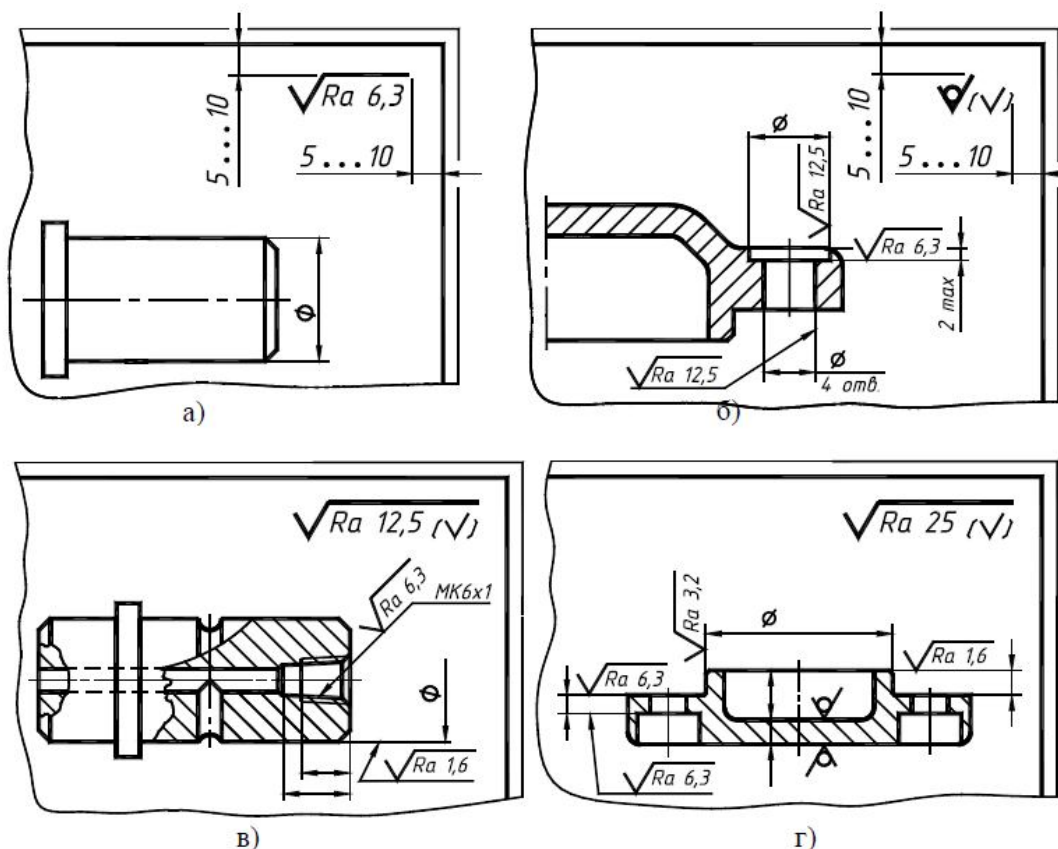


Рисунок 4.3 – Приклади проставлення знаків шорсткості поверхонь

4. У разі однакової шорсткості більшої частини поверхні деталі в правому верхньому кутку креслення поміщають позначення однакової шорсткості і умовне позначення знаку в дужках, які означають, що всі поверхні, що не мають на кресленні знаків шорсткості, повинні мати шорсткість, вказану перед дужкою (рис. 4.3, в, г). Розміри знаків у дужках і на зображенні – однакові; розмір знаку перед дужкою збільшується в **1,5** разу, товщає і лінія знаку.
5. Якщо більшість поверхонь виробу не обробляються по цьому кресленню, то на це вказує знак, поміщений в правому верхньому кутку креслення. У разі вживання знаку без вказівки параметра і способу обробки його зображують без полиці (рис. 4.3, б).
6. Якщо яка-небудь поверхня деталі не обробляється по кресленню, то позначення її шорсткості наносять і на її зображенні (знаки без полиці, рис. 4.3, г).
7. Приклад позначення шорсткості поверхні отвору із шпоночним пазом наведений на рисунку 4.4, а.
8. Позначення шорсткості поверхні однакових елементів деталей (отворів, пазів, зубів, ребер і т. п.), кількість яких вказана на кресленні, наноситься один раз незалежно від кількості зображень (рис. 4.3, б).
9. Приклад позначення шорсткості поверхні зубів коліс показаний на рисунку 4.4, в, г, д.
10. Позначення шорсткості профілю різьби наносять, як показано на рисунку 4.3, в і на рисунку 4.4, б.
11. Якщо шорсткість поверхонь, які утворюють контур, має бути однаковою, позначення шорсткості наносять відповідно до рисунка 4.4, е.

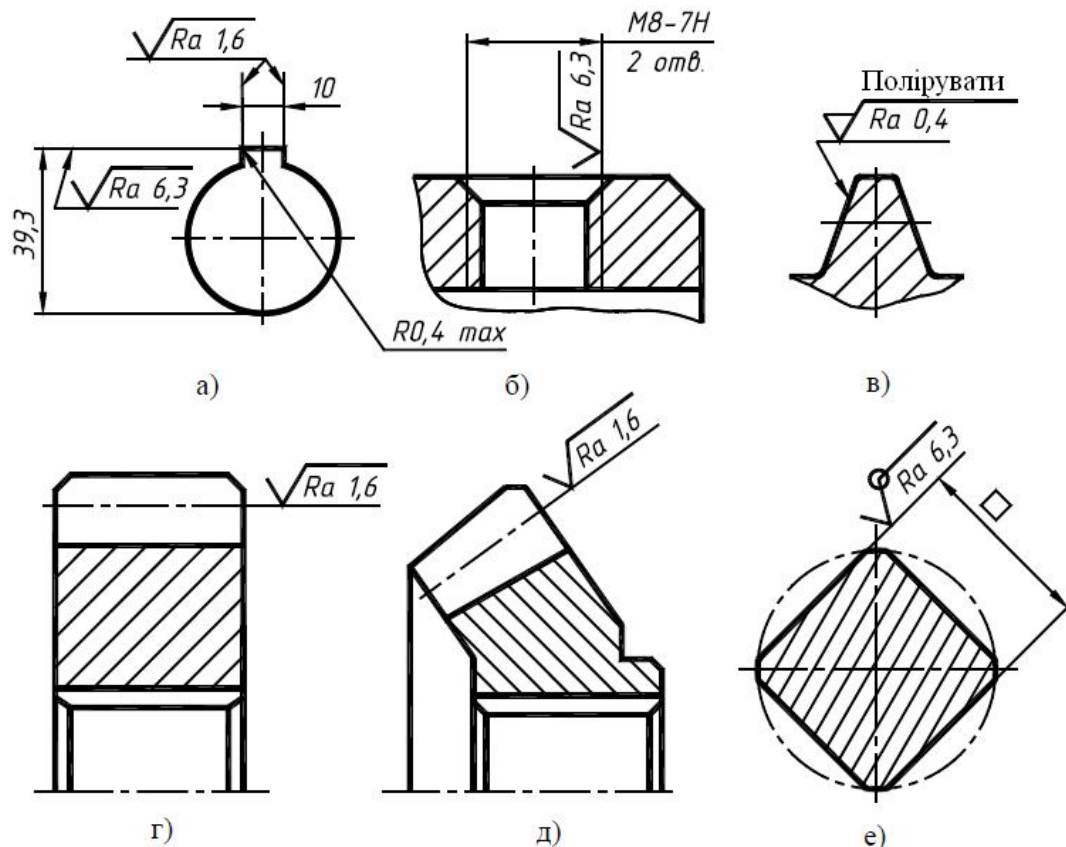



Рисунок 4.4 – Приклади проставлення знаків шорсткості поверхонь



Приклади позначення шорсткості поверхонь залежно від їхнього конструктивного призначення наведені в таблиці 4.1. Детальніше про нанесення шорсткості поверхонь на кресленнях викладено в [9].

Таблиця 4.1 – Приблизне значення шорсткості поверхні залежно від її конструктивного призначення

Вид поверхні	Ra, мкм
Поверхні заготовок (литі, штамповані, ковані) в стані поставки, які не пройшли механічне оброблення і не визначені конкретним кресленням.	
Неробочі торці валів, отвори під болти, опорні поверхні станин, кронштейнів, кожухів.	$\sqrt{Ra\ 12,5}$
Канавки, фаски, галтелі на валах і колесах, неробочі поверхні зубчастих коліс і шпоночних пазів на валах, опорні поверхні під голівки болтів (гайок), бокова поверхня витків різьби грубого класу точності	$\sqrt{Ra\ 6,3}$
Робочі поверхні шпоночних пазів на валах і неробочі поверхні коліс, торці маточин зубчастих і черв'ячних коліс, не центруючи поверхні шліців на валах і в отворах коліс, робочі поверхні шківів ременних передач, зубів зірочок ланцюгових передач, бічна поверхня витків різьби середнього класу точності, поверхні стику корпусу і кришки редуктора.	$\sqrt{Ra\ 3,2}$
Запірні поверхні пробкових кранів, бічні профілі зубів зубчастих коліс, гнізда підшипників у корпусах, торці заплечиків валів для базування підшипників і зубчастих коліс, робочі поверхні шпоночних пазів в отворах коліс, які центрують поверхні шліців на валах і в отворах коліс.	$\sqrt{Ra\ 1,6}$
Посадочні поверхні валів і отворів, витки черв'яків, бокові поверхні шліців в отворах коліс	$\sqrt{Ra\ 0,8}$
Поверхні валів під гумові манжети	$\sqrt{Ra\ 0,4}$
Поверхні циліндрів поршневих машин, гідроциліндрів	$\sqrt{Ra\ 0,2}$

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник для втузов / В. С. Левицкий. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2004. – 380 с.
2. Чекмарев А. А. Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – М. : Высшая школа, 2007. – 493 с.
3. ГОСТ 27148-86: Крепежные изделия. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки. Введен 01.01.88. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 10 с.
4. ГОСТ 2.311-68: Изображение резьбы. Введен 01.01.71. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 10 с.
5. ГОСТ 10549-80: Выход резьбы. Сбеги, недорезы проточки и фаски. Введен 01.01.82. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 10 с.
6. ГОСТ 2.313-82. Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений. Введен 01.01.84. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 8с.
7. ГОСТ 2.312-72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. Введен 01.01.73. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 10 с.
8. Попова Г. Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. – СПб. : Политехника, 1994. – 350 с.
9. Ройтман И. А. Основы машиностроения в черчении / И. А. Ройтман, В. И. Кузьменко. – М. : ГИЦ «Владос», 2000. – 223 с.
10. Картавов С. А. Технология машиностроения (специальная часть) / С. А. Картавов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Киев. : Вища школа, 1974. – 272 с.
11. Шероховатость поверхностей. Нанесение обозначений шероховатостей поверхностей на чертежах деталей машин : учеб. пособие / В. С. Дукмасова, Л. И. Хмарова, Т. П. Жуйкова, В. А. Короткий ; под ред. Г. В. Шепелева. – Челябинск : ЧГТУ, 1993. – 200 с.

## ДОДАТОК А

### ЗАВДАННЯ №1

Кріпильні різьбові вироби, роз'ємні з'єднання деталей

Виконати складальне креслення (формат **A3**) і специфікації згідно з **ГОСТ 2.106-96** (формат **A4**). Згідно з варіантами завдання, наведеними в таблицях, викреслити роз'ємні з'єднання деталей:

- а) болтове з'єднання;
- б) з'єднання гвинтом;
- в) з'єднання шпилькою;
- г) з'єднання трубною різьбою.

Вивчити **ГОСТ 2.311-68, 2.109-73, 2.106-96**.

Таблиця А1 – З'єднання деталей болтами

Кріпильні вироби: болт ГОСТ 7798-70, гайка ГОСТ 5915-70, шайба ГОСТ 11371-78

№ варіанту	Номінальний діаметр різьби болта	Крок різьби болта	Клас точності ГОСТ 16093-81	Марка сталі болта, гайки, шайби	Вид покриття	Товщина покриття, мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	14	Дрібний	Середній	Сталь 10кп	Цинкове хромат.	12
2	20	Крупний	Точний	Ст.3	Нікелеве	18
3	16	Дрібний	Середній	Сталь 10	Олов'яне	15
4	12	Крупний	Точний	Сталь 20	Оксидне пропитане маслом	12
5	18	Дрібний	Середній	Сталь 10кп	Нікелеве	15
6	14	Крупний	Точний	Сталь 35	Олов'яне	18
7	16	Дрібний	Середній	Сталь 20	Цинкове	12
8	14	Крупний	Точний	Сталь 45	Кадмієве хромат.	12
9	18	Крупний	Середній	Сталь 10кп	Олов'яне	21
10	12	Дрібний	Точний	Ст.3	Цинкове	9
11	20	Крупний	Середній	Сталь 10	Оксидне пропитане маслом	18
12	10	Дрібний	Точний	Сталь 20	Нікелеве	21
13	12	Крупний	Середній	Сталь 10кп	Цинкове	12
14	18	Дрібний	Точний	Сталь 35	Олов'яне	18

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7
15	14	Крупний	Середній	Сталь 20	Цинкове хромат.	21
16	16	Дрібний	Точний	Сталь 45	Цинкове	12
17	20	Крупний	Середній	Ст.3	Нікелеве	24
18	14	Дрібний	Точний	Сталь 10кп	Олов'яне	18
19	12	Крупний	Точний	Сталь 20	Оксидне пропитане маслом	12
20	20	Дрібний	Середній	Сталь 35	Кадмієве хромат.	15
21	16	Крупний	Точний	Сталь 45	Нікелеве	12
22	18	Дрібний	Середній	Сталь 10кп	Олов'яне	12
23	14	Крупний	Точний	Сталь 20	Цинкове	15
24	12	Дрібний	Середній	Ст.3	Цинкове хромат.	12
25	10	Крупний	Точний	Сталь 10кп	Мідне	15
26	16	Крупний	Середній	Сталь 20	Серебряне	24
27	18	Дрібний	Точний	Сталь 35	Олов'яне	18
28	12	Крупний	Середній	Сталь 45	Мідне	12
29	14	Дрібний	Точний	Сталь 10	Серебряне	24
30	16	Крупний	Середній	Сталь 20	Оксидне пропитане маслом	12

Таблиця А2 – З'єднання деталей шпильками і гвинтами

Для шпильки, гайки, шайби і гвинта матеріал – сталь 20, крок крупний, поля допусків – 7Н/8g, без покриття. гайки і шайби – виконання 2

№ ва-ріан-ту	Шпильки		Гвинти класу точності <b>B</b>			
	Номіна-льний ді-аметр різьби шпильки	Матеріал, в який вгвинчується шпилька	Номіна-льний ді-аметр різьби гвинта	Гвинт по ГОСТ	Товщина скріпленої деталі, S, мм	Матеріал, в який вгвинчується гвинт
1	14	Сталь	12	17473-80	12	Бронза
2	20	Бронза	10	11738-84	14	Сталь
3	16	Ковкий чавун	8	17475-80	12	Легкий сплав
4	12	Легкий сплав	10	1491-80	10	Ковкий чавун
5	18	Латунь	12	17474-80	10	Титан
6	14	Сірий чавун	8	1491-80	10	Легкий сплав
7	16	Сталь	10	17473-80	10	Бронза
8	14	Ковкий чавун	12	17475-80	12	Легкий сплав
9	18	Бронза	10	1491-80	10	Сталь
10	12	Сірий чавун	8	17474-80	8	Легкий сплав
11	20	Титан	12	11738-84	16	Сталь
12	10	Легкий сплав	8	17475-80	10	Сірий чавун
13	12	Ковкий чавун	10	1491-80	10	Легкий сплав
14	18	Латунь	12	17473-80	12	Сталь
15	14	Сірий чавун	8	17475-80	8	Титан
16	16	Сталь	10	1491-80	12	Бронза
17	20	Бронза	12	1491-80	12	Латунь
18	14	Латунь	10	17473-80	8	Сталь
19	12	Ковкий чавун	8	17474-80	10	Легкий сплав
20	20	Титан	12	1491-80	10	Бронза
21	16	Бронза	10	17475-80	12	Сталь
22	18	Латунь	12	1491-80	12	Латунь
23	14	Сірий чавун	8	17474-80	8	Легкий сплав
24	12	Ковкий чавун	10	11738-84	14	Легкий сплав
25	10	Легкий сплав	8	1491-80	10	Сталь
26	16	Ковкий чавун	10	17475-80	10	Титан
27	18	Латунь	12	1491-80	12	Сталь
28	12	Легкий сплав	8	17473-80	8	Сірий чавун
29	14	Титан	10	11738-84	14	Бронза
30	16	Сталь	12	17475-80	12	Титан

Таблиця А3 – З'єднання деталей трубою різьбою

Труби сталі вод- і газопровідні, ГОСТ 3262-65. Різьба трубна циліндрична, ГОСТ 6357-81, класу точності А

№ варіанту	Умовний прохід D <sub>y</sub> , мм	Товщина стілки, мм	Довжина патрубка, мм
1	8	2,2	30
2	10	2,8	35
3	15	3,2	40
4	20	2,8	40
5	8	2,2	40
6	10	2,8	35
7	15	3,2	40
8	20	3,2	50
9	15	3,2	40
10	10	2,8	35
11	20	3,2	50
12	15	3,2	40
13	10	2,8	35
14	20	3,2	45
15	15	3,2	50
16	10	2,8	35
17	20	3,2	50
18	15	3,2	40
19	10	2,8	40
20	20	3,2	50
21	15	3,2	45
22	10	2,8	35
23	15	3,2	50
24	20	3,2	55
25	10	2,8	40
26	15	3,2	45
27	20	3,2	35
28	15	3,2	40
29	15	3,2	50
30	10	2,8	50



## ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ №1

### З'єднання болтом

**Вихідні дані** для виконання з'єднання болтом:

- номінальний діаметр різьби болта – **16 мм**;
- крок різьби – **дрібний**;
- клас точності **ГОСТ 16093-81 – середній**;
- марка сталі болта, гайки і шайби – **сталь 10**;
- Вид покриття деталей болтового з'єднання – **оксидне, пропитане маслом**;
- товщина покриття – **3 мкм**.

### Розрахунок з'єднання болтом

За таблицею 1.2 визначаємо величину кроку різьби. Номінальному діаметру різьби **16 мм** відповідає дрібний крок якого – **1,5 мм**.

За таблицею 1.3 визначаємо поля допусків болта і гайки, відповідні середньому класу точності. Для зовнішньої різьби болта поле допуску – **6g**, для внутрішньої різьби гайки – **6H**.

Для болта, виготовленого із сталі 10, клас міцності – **4.8** (табл. 2.19). Клас міцності гайки – **5** (табл. 2.21).

За таблицею 2.23 визначаємо, що оксидне, пропитане маслом покриття деталей болтового з'єднання: болта, шайби і гайки, має цифрове позначення **05 (ГОСТ 1759.0-87)**.

Довжину болта **L<sub>0</sub>** визначимо за формулою

$$L_0 = q + q_1 + s + m + a + z,$$

де **q = 22 мм**, **q<sub>1</sub> = 20 мм** – товщина деталей, що з'єднуються (задані);

**s** – товщина шайби. Для болта з номінальним діаметром різьби **16 мм** – **s = 3 мм**. Зовнішній діаметр шайби – **30 мм**, (табл. 2.15). Згідно із завданням, шайба має бути виконання 1 – без фаски.

**m** – висота гайки. За таблицею 2.8 визначаємо висоту гайки для болта з номінальним діаметром різьби **16 мм** – **m = 13 мм**. Розмір під ключ **S = 24 мм**, діаметр описаного кола **e = 26,5 мм**.

**a** – запас різьби при виході болта з гайки;

**z** – висота фаски болта. Величини **a** і **z** визначимо за таблицею 2.24 залежно від кроку різьби. При кроці різьби **1,5 мм**, **a = 3 мм**, **z = 1,6 мм**. Таким чином, довжина болта становить

$$L_0 = 22 + 20 + 3 + 13 + 3 + 1,6 = 62,6 \text{ мм.}$$

Отриману довжину округлюємо до найближчого більшого стандартного значення, (табл. 2.5, **ГОСТ 7798-70**). Остаточню приймаємо **L<sub>0</sub> = 65 мм**. Викреслюємо болт завдовжки **65 мм**. За таблицею 1.5 визначаємо довжину різьби **b = 38 мм**. Викреслюємо шайбу і гайку. Збільшуємо розмір «а» з **3 мм** до **5,4 мм**. За таблицею 1.5 визначимо висоту голівки болта **K = 10 мм**, розмір під ключ **S = 24 мм**, діаметр описаного кола **e = 26,5 мм**. Зображення голівок болтів і гайок на навчальних складальних кресленнях наведено на рисунку 1.14, б. Діаметр гладких отворів в деталях, що з'єднуються болтом, **18 мм** згідно з таблицею 2.26.

### З'єднання шпилькою

Вихідні дані для всіх варіантів:

- крок різьби – **крупний**;
- клас точності (**ГОСТ 16093-81**) – **грубий**;
- поле допуску різьби на шпильці – **8g**;
- поле допуску різьби гайки – **7H**. (табл. 1.3);
- марка сталі шпильки, гайки і шайби – **сталь 20**;
- клас міцності шпильки – **4.6**, (табл. 2.19);
- клас міцності гайки – **4**, (табл. 2.21);
- покриття деталей з'єднаних шпилькою відсутнє.

Дані конкретного варіанта:

- номінальний діаметр різьби шпильки – **16 мм**;
- матеріал, в який угвинчуємо шпильку – **сталь**.

### Розрахунок з'єднання шпилькою

За таблицею 2.9 визначаємо величину крупного кроку для номінального діаметру різьби **16 мм**. Крупний крок – **2 мм**.

Довжину шпильки (без угвинчуваного кінця) визначимо за формулою

$$L_{\text{ш}} = q_1 + s + m + a + z,$$

де  $q_1 = 20$  мм – товщина приєднуваної деталі;

$s$  – товщина шайби. Для шпильки з номінальним діаметром різьби **16 мм** –  $s = 3$  мм. Зовнішній діаметр шайби – **30 мм** (табл. 2.15). Згідно із завданням, шайба має бути виконання 2 – з фаскою;

$m$  – висота гайки. За таблицею 2.8 визначаємо висоту гайки для шпильки з номінальним діаметром різьби **16 мм** –  $m = 13$  мм. Згідно із завданням гайка має бути виконання 2 – з однією фаскою;

$a$  – запас різьби при виході болта з гайки;

$z$  – висота фаски болта. Величини  $a$  і  $z$  визначимо за даними таблиці 2.24 залежно від кроку різьби. При кроці різьби **2 мм** –  $a = 4$  мм,  $z = 2$  мм.

Таким чином, довжина шпильки

$$L_{\text{ш}} = 20 + 3 + 13 + 4 + 2 = 42 \text{ мм.}$$

Отриману довжину округлюємо до найближчого більшого стандартного значення, (табл. 2.6). Остаточно приймаємо  $L_{\text{ш}} = 45$  мм. За цією саме таблицею визначимо довжину нарізаної частини шпильки  $l_0$ . При довжині шпильки **45 мм** і діаметрі **16 мм**  $l_0 = 38$  мм. Викреслюємо шпильку завдовжки **45 мм**. Викреслюємо шайбу і гайку, збільшуємо розмір «а» з **4 мм** до **7 мм**.

Довжина угвинчуваного (посадочного) кінця шпильки  $l_1$ , (рис. 2.17, б) залежить від матеріалу деталі, в яку угвинчується шпилька, (табл. 2.7). Оскільки шпилька угвинчується в сталеву деталь, то  $l_1 = d = 16$  мм. Шпилька буде виконана згідно з **ГОСТ 22032-76**. За таблицею 2.24 визначимо запас різьби  $l_5$  і недоріз  $l_4$ , які залежать від кроку різьби. Якщо крок різьби **2 мм**  $l_5 = 5,5$  мм,  $l_4 = 11$  мм. Глибина свердленого під різьблення отвору:

$$L_0 = l_1 + l_5 + l_4 = 16 + 5,5 + 11 = 32,5 \text{ мм.}$$

Діаметр отвору під нарізування метричної різьби визначимо за таблицею 2.25. При номінальному діаметрі різьби **16 мм** і кроці різьби **2 мм** номінальний діаметр отвору під різьбу з полем допуску **6H – d = 13,9 мм**. Довжина різьби глухого отвору під шпильку:

$$L_1 = l_1 + l_5 = 16 + 5,5 = 21,5 \text{ мм.}$$

Діаметр гладкого отвору в приєднуваній деталі визначимо за таблицею 2.26. При діаметрі стрижня шпильки **16 мм** діаметр отвору **18 мм**.

### З'єднання гвинтами

**Вихідні дані** для всіх варіантів:

- крок різьби – **крупний**;
- клас точності (**ГОСТ 16093-81**) – **грубий**;
- поле допуску різьби гвинта – **8g**;
- поле допуску різьби в отворі – **7H**, (табл. 2.5);
- марка сталі гвинта – **сталь 20**;
- Клас міцності гвинта – **4.6**, (табл. 2.20);
- гвинт без покриття.

Дані конкретного варіанта:

- номінальний діаметр різьби гвинта – **12 мм**;
- гвинт виконаний згідно з **ГОСТ 17475-70**. **Увага! Стандарт визначає конструкцію голівки гвинта**. У нашому випадку гвинт має потайну голівку (табл. 2.12);
- товщина деталі, що з'єднується, – **10 мм**;
- матеріал деталі, в яку угвинчуємо гвинт – **сірий чавун**.

### Розрахунок з'єднання гвинтами

За таблицею 2.12 визначаємо величину крупного кроку для номінального діаметру різьби **12 мм**. Крупний крок – **1,75 мм**.

Глибина угвинчування  $l_1$  гвинта залежить від матеріалу деталі, у яку він угвинчується, і приймається такою, що дорівнює **1d** для сталі, бронзи, латуні і титану, **1,25d** – для сірого і ковкого чавуну і **2d** – для легких сплавів, (**d** – номінальний діаметр різьби гвинта).

Для деталі з сірого чавуну

$$l_1 = 1,25 \cdot d = 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ мм.}$$

Для гвинтів з потайною голівкою потайна частина включається в довжину гвинта. Довжина гвинта в нашому випадку складається з товщини приєднуваної деталі **q<sub>2</sub>** і глибини угвинчування  $l_1$ , (рис. 2.17, в):

$$L_v = q_2 + l_1 = 10 + 15 = 25 \text{ мм.}$$

Отриманий розмір погоджуємо із стандартним значенням (табл. 2.14). Остаточно приймаємо довжину гвинта **L<sub>в</sub> = 25 мм**. За тією самою таблицею визначаємо довжину нарізаної частини гвинта. Гвинт матиме різьбу по всій довжині стрижня. Конструктивні розміри голівки гвинта визначимо за таблицею 2.12, розміри zenкування, (поглиблення під голівку) – таблиця 2.27. Варто пам'ятати, що шліци голівок гвинтів на складальних кресленнях, на виді зліва, зображуються під кутом 45° до рамки креслення (рис. 2.15 в).

За таблицею 2.24 визначимо запас різьби **l<sub>5</sub>**, недоріз **l<sub>4</sub>** і фаску **z**, які залежать від кроку різьби. При кроці різьби **1,75 мм** – **l<sub>5</sub> = 5,0 мм**, **l<sub>4</sub> = 11 мм**, **z = 1,6 мм**. Глибина свердленого під різьбу гвинта отвору:

$$L_0 = l_1 + l_5 + l_4 = 15 + 5,0 + 11 = 31 \text{ мм.}$$

Діаметр отвору під нарізування метричної різьби визначимо за таблицею 2.26. При номінальному діаметрі різьби **12 мм** і кроці різьби **1,75 мм** номінальний діаметр отвору під різьбу з полем допуску **7H – d = 10,2 мм**. Довжина різьби глухого отвору під гвинт:

$$L_1 = l_1 + l_5 = 15 + 5,0 = 20 \text{ мм.}$$

Діаметр гладкого отвору в приєднуваній деталі визначимо за таблицею 2.26. При діаметрі стрижня гвинта **12 мм** діаметр отвору **14 мм**.

### **З'єднання трубною різьбою**

**Вихідні дані** для всіх варіантів:

- різьба трубна циліндрична, клас точності А, ГОСТ 6357-81;
- труби сталеві водо- і газопровідні ГОСТ 3262-75.

**Дані конкретного варіанта:**

- умовний прохід труби **Dy = 20 мм**;
- товщина стінки **S = 2,8 мм**;
- довжина патрубку – **50 мм**.

### **Розрахунок з'єднання трубною різьбою**

За таблицею 2.17 визначимо зовнішній діаметр різьби **d**, довжину різьби угвинчуваного кінця патрубку **L<sub>1</sub>**, довжину різьби вільного кінця патрубку **L<sub>2</sub>**, і фаски **z**. При **Dy = 20 мм** – **d = 26,442 мм**, **L<sub>1</sub> = 10,5 мм**, **L<sub>2</sub> = 16 мм**, **z = 2 мм**. Внутрішній діаметр патрубку практично дорівнює умовному проходу. Внутрішній діаметр різьби **d<sub>1</sub>** визначимо за таблицею 2.18. При **Dy = 20 мм** – **d<sub>1</sub> = 24,119 мм**. Діаметр отвору в корпусі і фланці, (деталі 1 і 2, креслення – додаток А) виконується рівним внутрішньому діаметру трубної різьби (**≈ 24 мм**).

Довжина різьби отвору під патрубок має бути більше довшою чим різьба угвинчуваного кінця патрубку **L<sub>1</sub>** на **2...3** кроки різьби. Крок різьби визначає величину фаски, тому при розрахунках використовуватимемо значення фаски **z**. Тоді довжина різьблення отвору під патрубок:

$$10,5 + 2 \cdot (2...3) = (14,5...16,5) \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо довжину різьби отвору під патрубок – **16 мм**. Приклад виконання складального креслення наведений на сторінці, де знаходиться Додаток А.

### Порядок виконання завдання

Розпочинати складальне креслення варто з викреслювання в тонких лініях корпусу, фланця і кришки, (деталі **1, 2 і 3**). Розміри корпусу і фланця наведені на складальному кресленні Вони однакові для всіх варіантів завдання. Товщина кришки дорівнює товщині деталі, яка скріплюється, у з'єднанні гвинтами, (залежить від конкретного варіанта).

Під час розміщення зображень на форматі варто передбачити місце для габаритних і приєднувальних розмірів і ліній-виносок для номерів позицій деталей, що входять до складу виробу. Потрібно передбачити місце для зображення глухого отвору з різьбою під шпильку.

На складальному кресленні всі складові частини виробу нумерують відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації. Номери позицій наносять на полицях ліній-виносок, що проводяться від складових частин згідно з **ГОСТ 2.109-68 і 2.316-2008**. Один кінець, який перетинає лінію контуру, закінчується яскравою точкою, інший – полицею.

Лінії-виноски не повинні перетинатися між собою і не мають бути паралельними лініям штрихування. Їх виконують суцільною тонкою лінією. Полиці ліній-виносок розташовують паралельно основному напису креслення поза контуром зображення і групують в колонку або в рядок.

Розмір шрифту номерів позицій має бути більше на один-два розміри, ніж розмір шрифту, прийнятого для розмірних чисел цього креслення.

Для визначення складу складальної одиниці на окремому аркуші формату **A4** виконуємо специфікацію.

Форма і порядок заповнення специфікації визначається **ГОСТ 2.106-96**. Специфікація складається з розділів: документація, деталі, стандартні вироби.

Найменування кожного розділу вказується у вигляді заголовка в графі «Найменування» і підкреслюється тонкою лінією. Вище і нижче за кожен заголовок залишаємо один вільний рядок.

У розділ «Документація» вписуємо «Складальне креслення».

У розділ «Деталі» вносимо корпус, фланець, кришку і патрубок.

У розділ «Стандартні вироби» заносимо позначення болта, гвинта, гайок, шайб і шпильки.

Приклад позначення болта з шестигранною голівкою нормальної точності з номінальним діаметром метричної різьби **d = 16 мм**, з дрібним кроком різьби **1,5 мм**, з полем допуску середнього класу точності **6g**, довжиною **Lв = 65 мм**, класу міцності **48**, з покриттям **05** товщиною **3 мкм**

**Болт М16•1,5–6g•65.48.053 ГОСТ 7798-70.**

Приклад позначення гвинта з потайною голівкою класу точності **В** з номінальним діаметром метричної різьби **d = 12 мм**, з полем допуску грубого класу точності **8g**, довжиною **Lв = 25 мм**, з крупним кроком різьби, класу міцності **46**, без покриття

**Гвинт В М12–8g•25.46 ГОСТ 17475-80.**

Приклад позначення шестигранної гайки нормальної точності першого виконання з номінальним діаметром метричної різьби **d = 16 мм**, з дрібним кроком різьби **1,5 мм**, з полем допуску середнього класу точності **6H**, класу міцності **5**, з покриттям **05** товщиною **3 мкм**

**Гайка М16•1,5–6H.5.053 ГОСТ 5915-70.**

Приклад позначення шестигранної гайки нормальної точності другого виконання з номінальним діаметром метричної різьби **d = 16 мм**, з полем допуску грубого класу точності **7Н**, з крупним кроком різьби, класу міцності **5**, без покриття

**Гайка 2 М16–6Н.5 ГОСТ 5915-70.**

Приклад позначення шайби виконання 1 для кріпильної деталі з номінальним діаметром різьби **d = 16 мм**, із сталі **10** – матеріалу групи **01**, з покриттям **05** товщиною **3 мкм**

**Шайба 16.01.Сталь 10.053 ГОСТ 11371-78.**

Приклад позначення шайби виконання 2 для кріпильної деталі з номінальним діаметром різьби **d = 16 мм**, із сталі **20** – матеріалу групи **04**, без покриття

**Шайба 2.16.04 ГОСТ 11371-78.**

Приклад позначення шпильки виконання 1 для різьбових отворів в сталевих, бронзових, латунних і титанових сплавах, з номінальним діаметром метричної різьби **d = 16 мм**, з крупним кроком різьби, з полем допуску грубого класу точності **8g**, довжиною **L<sub>ш</sub> = 45 мм**, класу міцності **46**, без покриття

**Шпилька М16–8g•45.46 ГОСТ 22032-76.**

Коротко щодо заповнення розділів специфікації. У графі «Позначення» вказуємо позначення складального креслення. Наприклад, позначення складального креслення:

**НУМГ.ІГ.03.ХХ.00 СК**

Тут НУМГ – скорочена назва навчального закладу, в якому навчається студент, ІГ – скорочена назва дисципліни «Інженерна графіка», 03 – порядковий номер завдання, що виконується студентом, ХХ – номер варіанта за списком академічної групи по журналу, 00 – номер деталей, що входять в складальну одиницю, СК – позначення креслення (складальний). Деталь № 1 – корпус має позначення: НУМГ.ІГ.03.ХХ.01, деталь № 2 – фланець має позначення: НУМГ.ІГ.03.ХХ.02 і так далі. Для стандартних виробів графу «Позначення» не заповнюємо.





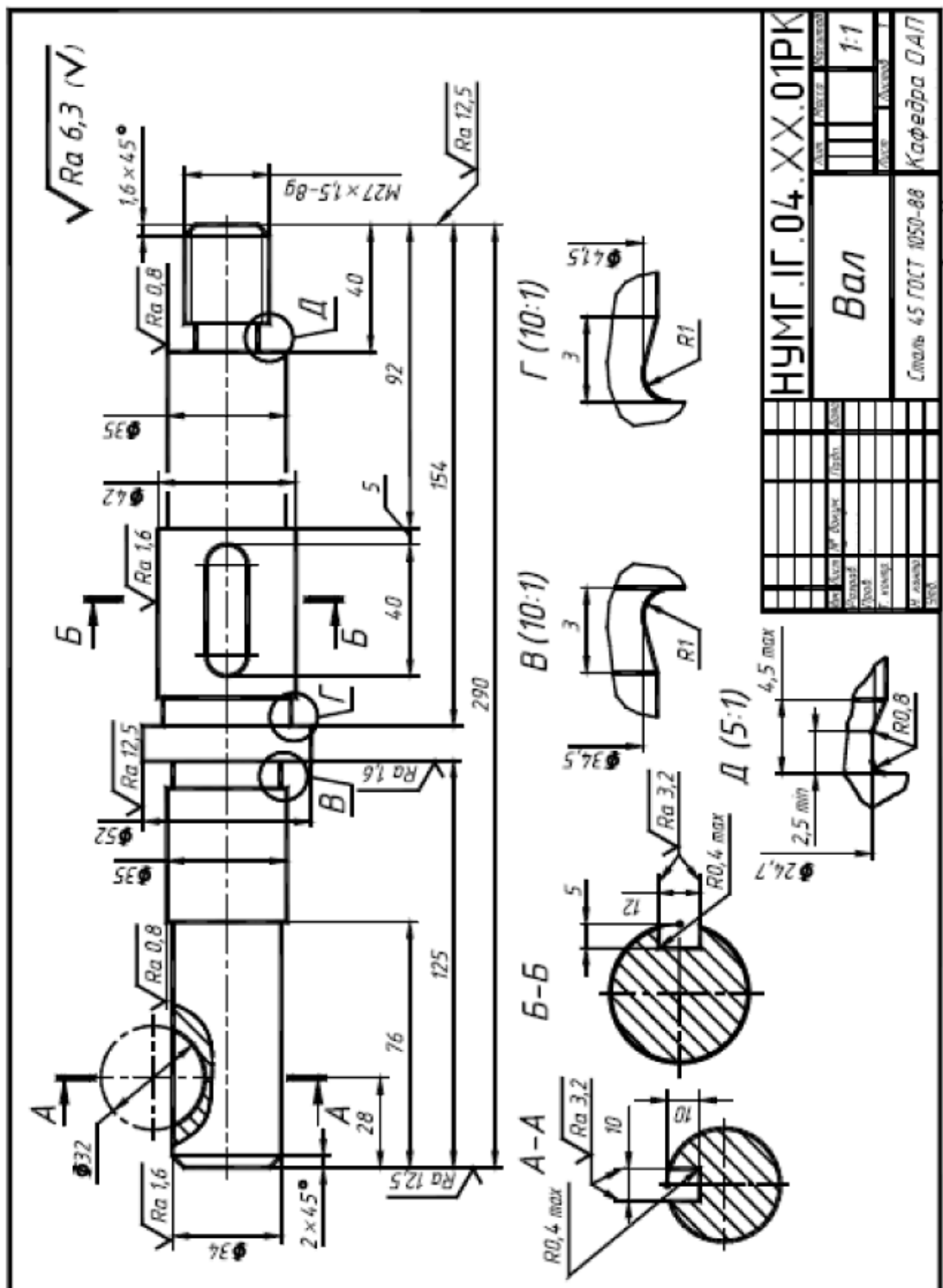
Період примен		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документация			
		A3			НУМГ.ІГ.03.ХХ.00 СК	Складальне креслення	1		
						Детали			
			1	НУМГ.ІГ.03.ХХ.01	Корпус	1			
			2	НУМГ.ІГ.03.ХХ.02	Фланець	1			
			3	НУМГ.ІГ.03.ХХ.03	Кришка	1			
				4	НУМГ.ІГ.03.ХХ.04	Труба Р-20х2,8х50	1		
Підп. і дата						Стандартные изделия			
			5		Болт М16х1,5-6х65.48.053 ГОСТ 7798-70	1			
			6		Гвинт М12-8х25.46 ГОСТ 117475-80	3			
			7		Гайка М16х1,5-6Н5.053 Гост 5915-70	1			
Взам. інв. №				8		Гайка2 М16-7Н.5 ГОСТ 5915-70	1		
				9		Шайба 16.01 ГОСТ 11371-78	1		
				10		Шайба 16.04 ГОСТ 11371-78	1		
				11		Шпилька М16-8х45.46 ГОСТ 22032-76	1		
Підп. і дата									
Інв. № подл.									
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>НУМГ.ІГ.03.ХХ.00Сп</b> <b>З'єднання</b> <b>різьбові</b> <b>МБГ 2017-2у</b>		
		Разраб.	Дубляк В.М.		18.05.17				
		Проб.	Лись В.І.						
					Лит.	Лист	Листов		
					ІН		1		

Копировав \_\_\_\_\_ Формат А4

Рисунок А2 – Приклад виконання специфікації

## ДОДАТОК Б

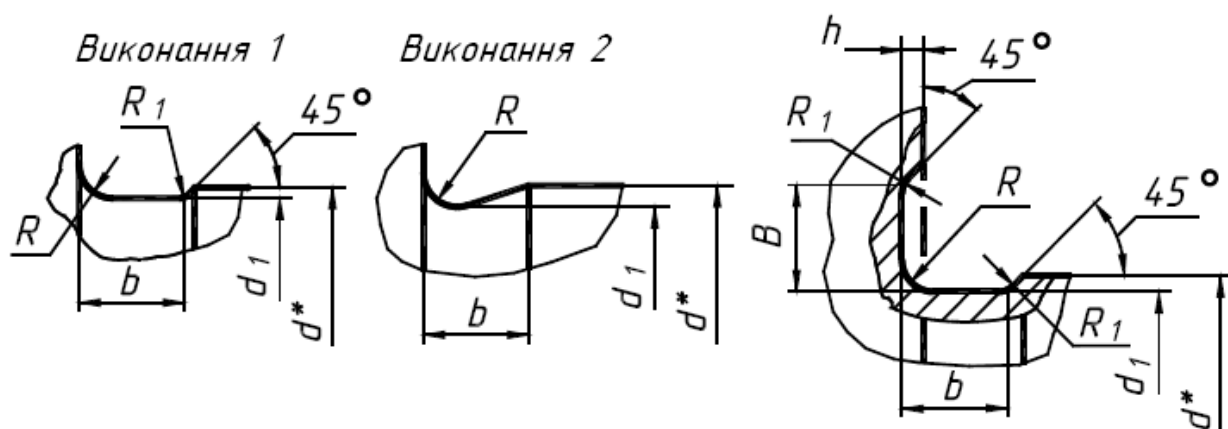
Приклад виконання креслення валу. Увага! Креслення виконане на форматі **A3**. Основний напис на форматі **A4** може розташовуватися лише уздовж короткої сторони формату.



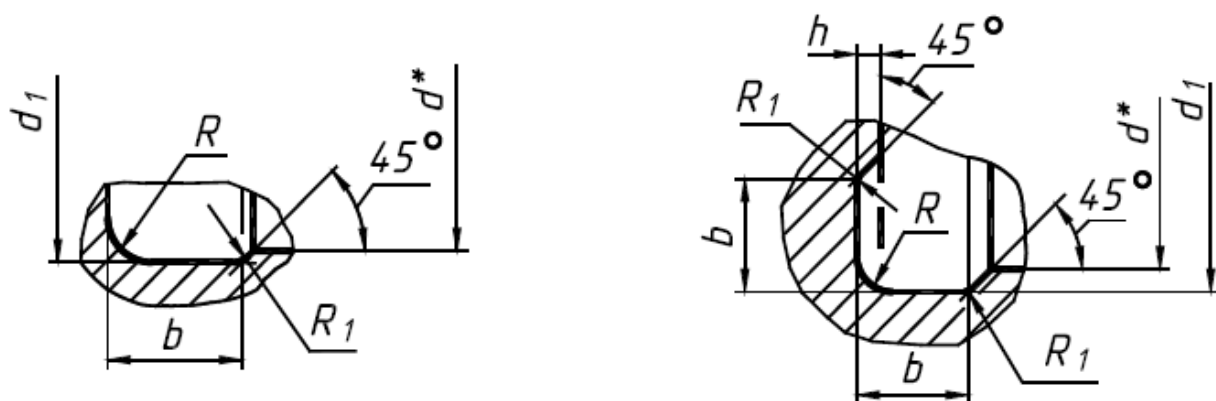
## ДОДАТОК В

### Канавки для виходу шліфувального круга, мм (ГОСТ 8820-69)

#### Зовнішні



#### Внутрішні



Діаметр вала <b>d</b>	Ширина канавки <b>b</b>	Радіус скруглення <b>R</b>	Радіус скруглення <b>R<sub>1</sub></b>	Глибина канавки по торці <b>h</b>	Діаметр канавки <b>d<sub>1</sub></b> (зовнішнє шліфування)	Діаметр канавки <b>d<sub>1</sub></b> (внутрішнє шліфування)
≤ 10	1,0	0,3	0,2	0,2	d – 0,3	d + 0,3
	1,6	0,5	0,3	0,2	d – 0,3	d + 0,3
	2,0	0,5	0,3	0,3	d – 0,5	d + 0,5
10...50	3,0	1,0	0,5	0,3	d – 0,5	d + 0,5
50...100	5,0	1,6	0,5	0,5	d – 1,0	d + 1,0
≥ 100	8,0	2,0	1,0	0,5	d – 1,0	d + 1,0
	10,0	3,0	1,0	0,5	d – 1,0	d + 1,0

Примітка. На кресленнях канавок розмір діаметра вала або отвору, відмічений знаком (\*), не проставляється.

## ДОДАТОК Г

Приклад виконання ескізу кришки, виготовленої шляхом литва. Деталь має оброблені і необроблені поверхні.

Частина поверхонь деталі піддалася механічній обробці, а частина поверхонь залишилася необробленою, (чорними). Ці поверхні відмічені знаком ✓. У верхній правий кут ескізу винесена шорсткість переважаючих поверхонь – **Ra 6,3**. Це шорсткість бічного профілю різьби, фасок, торців при нерухомому контакті, (див. табл. 3.5).

Розміри, що визначають параметри деталей виготовлених литвом, куванням, штампуванням можна розбити на три групи:

- а) розміри, що зв'язують чорні (необроблені) поверхні;
- б) розміри, що зв'язують чисті (оброблені) поверхні;
- в) розміри, що пов'язують чисті поверхні з чорними.

Розміри першої групи утворюють розмірну сітку заготовки, розміри другої групи утворюють розмірну сітку механічної обробки. Розміри третьої групи координують ці дві розмірні сітки.

Таким чином, на деталях подібного типу розміри потрібно проставляти так, щоб одна група розмірів зв'язувала лише чорні (необроблені) поверхні; інша група розмірів зв'язувала лише чисті (оброблені) поверхні. Згідно з ГОСТ 2.307-68 пункт 1.16, у напрямі кожної координатної осі повинен бути лише один розмір, що зв'язує ці дві групи розмірів (розмір між чистою і чорною поверхнями). На ескізі кришки в'язка між чорними і чистими поверхнями – це розмір 28.



*Навчальне видання*

**ЛУСЬ Володимир Іванович**

## **ВИДИ З'ЄДНАНЬ**

**(роз'ємні і нероз'ємні з'єднання деталей)**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

Відповідальний за випуск *М. А. Любченко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерний набір і верстання *С. М. Швидкий*

Підп. до друку 19.09.2018. Формат 60 × 84/8

Друк на ризографії. Ум. друк. арк. 12,1

Тираж 50 пр. Зам №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р.